Hidrotechnikai tulajdonságok témaköre	
Beton vízzáróssága és a vízzáróság vizsgálata *(2006. január)*	
Elgőzölhető és el nem gőzölhető víz fogalma *(2001. július)*	
Gázbeton (pórusbeton) vízfelvétele *(2003. december)*	
Víztartalom, vízfelvétel, látszólagos porozitás	Dolgozat *(1999. február)*
	Fogalom *(2002. február)*
Pórusvíz viselkedése a kapillárisokban *(2006. február)*	
Tömegállandóság fogalma *(2010. szeptember)*	
Víztartalmi állapotok *(2003. december)*	
Vízzáró betonok *(2007. december)*	

VÍZZÁRÓSÁG, VÍZZÁRÓSÁG VIZSGÁLAT

Az MSZ 4798-1:2004 (az MSZ EN 206-1:2002 európai betonszabvány magyar **n**emzeti **a**lkalmazási **d**okumentuma) szabvány érvényre lépésével a beton vízzáróságának régi, MSZ 4719:1982 szerinti fogalmát és MSZ 4715-3:1972 szerinti vizsgálati módszerét felváltotta a vízzáróság és a vízzáró beton új, MSZ 4798-1:2004 szabvány szerinti értelmezése, illetve az MSZ EN 12390-8:2001 szerinti új vízzáróság vizsgálati módszer.

Részlet az MSZ 4798-1:2004 szabványból (5.5.3. szakasz):

„A beton vízzáróságát az MSZ EN 12390-8:2001 szabvány szerint, legalább 28 napos korú, végig víz alatt tárolt próbatesten, 75 mm átmérőjű körfelületen 72 ± 2 órán át ható 5 bar (0,5 ± 0,05 MPa) állandó víznyomáson kell vizsgálni. A próbatest víznyomásra merőleges, felérdesített oldalának hossza vagy átmérője legalább 150 mm, magassága legalább 100 mm legyen, következésképpen a vizsgálatot a Magyarországon szokásos 200 x 200 x 120 mm méretű próbatesten is el szabad végezni, de ugyanígy alkalmas a 150 mm élhosszúságú szabványos próbakocka is.

Ha a próbatest mérete 200x200x120 mm, akkor 100 mm átmérőjű körfelületen is szabad az 5 bar víznyomást alkalmazni, de ebben az

esetben a vizsgálati jegyzőkönyvben a próbatest méretét és a vízzel nyomott körfelület átmérőjét is meg kell adni.

Magyarországon azonban szabad a vízzárósági próbatestet vegyesen, azaz 7 napos korig víz alatt, utána laborlevegőn tárolni - ha ebben az előíró és a gyártó előzetesen írásban megállapodik -, de ebben az esetben a vizsgálati jegyzőkönyvben a tárolás módját (vegyesen tárolva) is meg kell adni."

„A végig víz alatt tárolt próbatesteken a jobb hidratáció folytán és a zsugorodás kizárása miatt kisebb vízbehatolási mélység mérhető", mint a vegyesen tárolt próbatesteken.

„A beton vízzárósága a tárolási módtól függetlenül akkor megfelelő, ha a vizsgálat eredményeként minden egyes próbatesten a vízbehatolás mélysége:

MSZ 4798:2016/2M:2016 szerint:

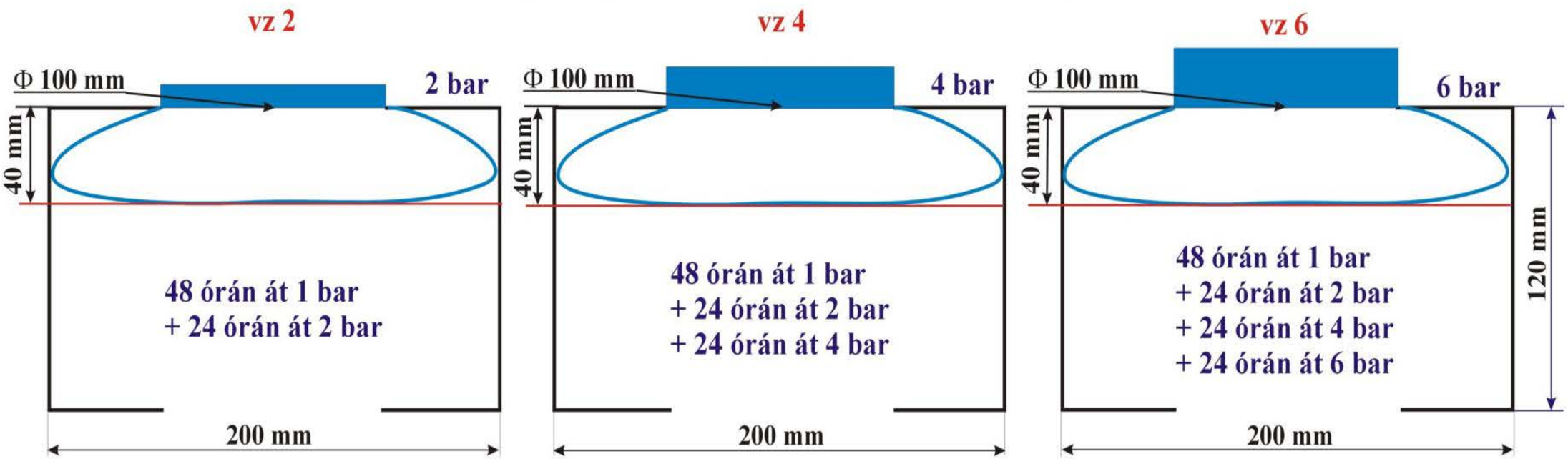
XV1(H) környezeti osztály esetén legfeljebb 60 mm, jele: **vz 60**; **50 mm**

XV2(H) környezeti osztály esetén legfeljebb 40 mm, jele: **vz 40**; **35 mm**

XV3(H) környezeti osztály esetén legfeljebb 20 mm, jele**: vz 20**.” **20 mm**

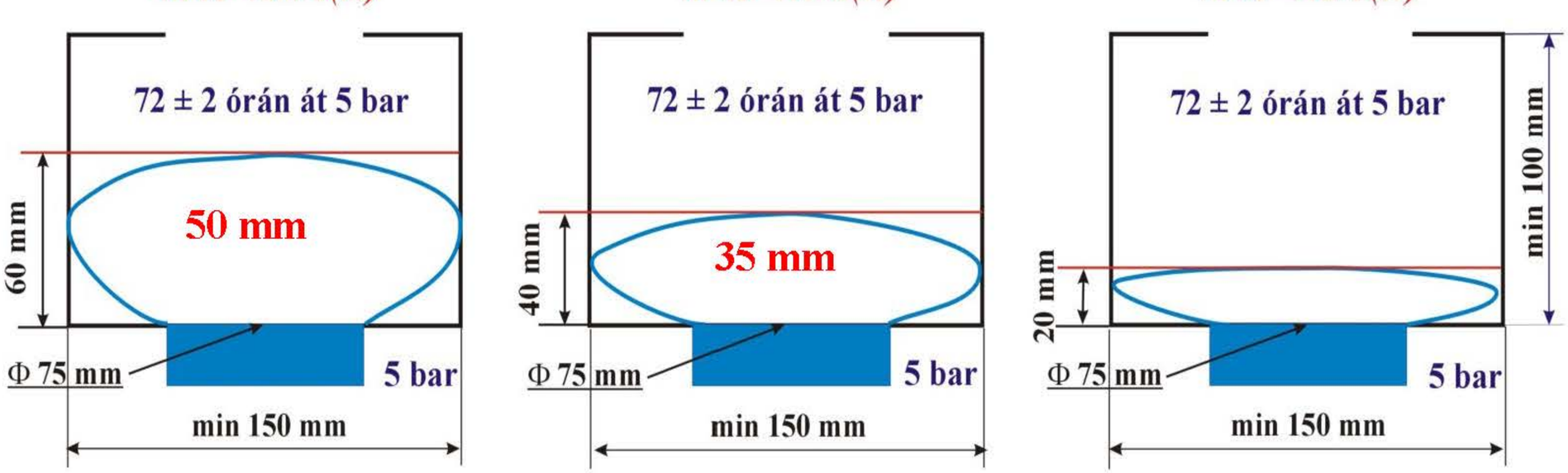
A próbatestek állapota: légszáraz

Vízzáróság vizsgálat az MSZ 4715-3:1972 szabvány szerint



A próbatestek állapota: vízzel telített

Vízzáróság vizsgálat az MSZ EN 12390-8:2001, illetve az MSZ 4798-1:2004 szabvány szerint



5 bar víz-túlnyomás = 5 att = 6 ata 5 bar = 50 H_2O m = 50 N/cm^2 = 0,5 MPa = 0,5 N/mm^2

1. táblázat: Részlet az MSZ 4798-1:2004 szabvány
NAD 4.1. táblázatából.

A környe-zeti osztály jele	A környezeti hatás leírása	Tájékoztató példák a környezeti osztályok előfordulására
8. Igénybevétel víznyomás hatására		
Amikor a beton ki van téve víznyomás hatásának, akkor az igénybevételt a következők szerint kell osztályozni		
XV1(H)	Kis üzemi víznyomásnak kitett, legalább 300 mm vastag beton, amelynek felületén 24 óra alatt legfeljebb 0,4 liter/m^2 víz szivárog át.	Pincefal, csatorna, legfeljebb 1 m magas víztároló medence, áteresz, csapadék csatorna, záportározó, esővíz gyűjtő akna

XV2(H)	Kis üzemi víznyomásnak kitett, legfeljebb 300 mm vastag beton, vagy nagy üzemi víznyomásnak kitett, legalább 300 mm vastag beton, amelyek felületén 24 óra alatt legfeljebb 0,2 liter/m^2 víz szivárog át.	Vízépítési szerkezetek, gátak, partfalak, > 1 m magas víztároló medence, föld alatti garázsok, aluljárók külső határoló szerkezetei külön szigetelőréteg nélkül
XV3(H)	Nagy üzemi víznyomásnak kitett, legfeljebb 300 mm vastag beton, amelynek felületén 24 óra alatt legfeljebb 0,1 liter/m^2 víz szivárog át.	Vasbeton mélygarázsok, alagutak külső határoló szerkezetei külön szigetelőréteg nélkül

Az XV1(H), XV2(H), XV3(H) környezeti osztályú vízzáró beton nyomószilárdsági osztálya, cementtartalma, víz/cement tényezője és a friss beton levegőtartalma (a szabvánnyal ellentétben ne a testsűrűsége) feleljen meg az MSZ 4798-1:2004 szabvány előírásainak.

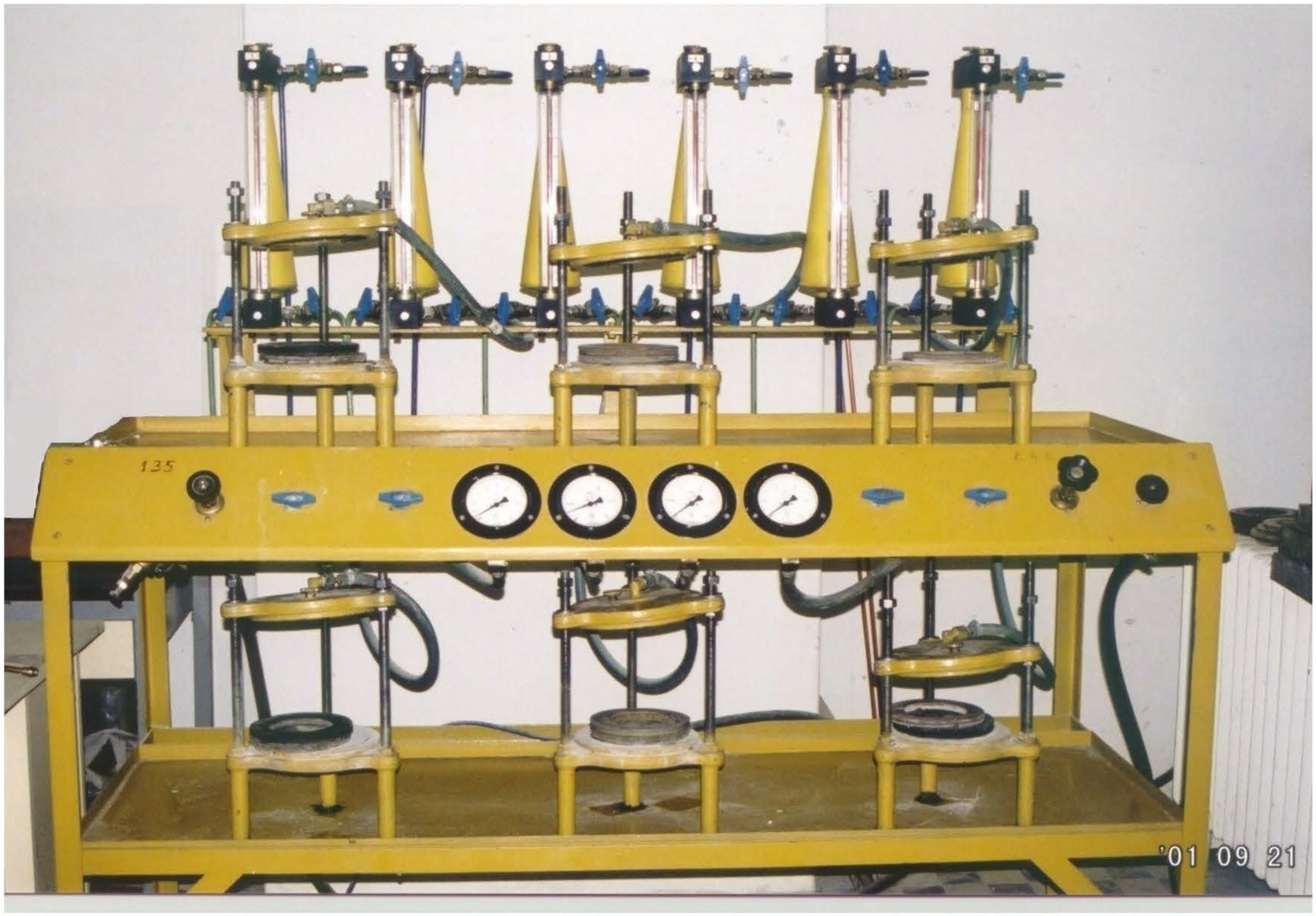
Lásd az MSZ 4798:2016/2M:2016 szabványt is!

2. táblázat: Részlet az MSZ 4798-1:2004 szabvány NAD N1. táblázatából:

Alkalmazási terület	Környezeti osztály	Betonnyomószilárdsági osztály legalább	Betoncementtartalma legalább kg/m^3	Betonvízcementtényezője legfeljebb	Friss betonlevegőtartalma legfeljebb, térfogat %
Vízzáró beton és vasbeton szerkezetek					
Vízzáró beton	XV1(H)	C25/30	300	0,60 0,55	1,0
Fokozottan vízzáró	XV2(H)	C30/37	300	0,55 0,50	1,0
Igen vízzáró beton	XV3(H)	C30/37	300	0,50 0,45	1,0
A vízzáró beton homokos kavics adalékanyagának szemmegoszlása a B határgörbe mentén (MSZ 4798-1:2004 szabvány M melléklete), de ne fölötte helyezkedjék el.					

Alig van olyan beton, vasbeton, feszített vasbeton elem vagy szerkezet, amely csak egy környezeti hatásnak van kitéve. Az MSZ 4798-1:2002 szabvány 4.1. szakasza ki is mondja, hogy „a beton ki lehet téve…egy-egy hatásnál többnek is, és azokat a környezeti körülményeket, amelyeknek ki van téve, szükséges lehet ennélfogva a környezeti osztályok kombinációjaként kifejezni.”

Ilyen környezeti osztály társításokra (környezeti osztály csoportokra) és ezek alkalmazására ad példákat a honlapunkon található „Környezeti osztályok" című dolgozat.



Hat mérőhelyes vízzáróság vizsgáló berendezés

Szabvány hivatkozások

MSZ 4715-3:1972	Megszilárdult beton vizsgálata. Hidrotechnikai tulajdonságok (Visszavont szabvány)
MSZ 4719:1982	Betonok (Visszavont szabvány)
MSZ 4798-1:200	Beton. 1. rész: Műszaki feltételek, teljesítőképesség, készítés és megfelelőség, valamint az MSZ EN 206-1 alkalmazási feltételei Magyarországon
MSZ EN 206-1:2002	Beton. 1. rész: Műszaki feltételek, teljesítőképesség, készítés és megfelelőség
MSZ EN 12390-8:2001	A megszilárdult beton vizsgálata. 8. rész: A víz nyomás alatti behatolási mélysége

	<u>Elgőzölhető és el nem gőzölhető víz</u>	

Németül:	Verdampfbares Wasser (elgőzölhető víz) Unverdampfbares Wasser (el nem gőzölhető víz)
Angolul:	Evaporable water (elgőzölhető víz) Non-evaporable water (el nem gőzölhető víz)
Franciául:	Eau évaporable (elgőzölhető víz) Eau non-évaporable (el nem gőzölhető víz)

Vákuum szárítószekrény az elgőzölhető víz eltávolításához (SZIKKTI fényképfelvétel)

E fogalmakat elsősorban a cementkőben ❀ található víz tulajdonságainak leírására használjuk, de értelemszerűen más építőanyagok hidrotechnikai állapotának jellemzésére is alkalmazhatjuk.

A cementkőben lévő víz egy része a hidratált cementszemcsék közötti pórusokat, hézagokat tölti ki, ezt <u>pórusvíznek</u> hívják, más része kémiailag kötött állapotban van, ennek <u>kémiailag kötött víz</u> a neve.

E kétféle víz gyakorlati megkülönböztetésére vezette be 1948-ban *Powers* és *Brownyard* az elgőzölhető és az el nem gőzölhető víz fogalmát.

Az **elgőzölhető** (elgőzölöghető, elgőzölögtethető) **víz** az a víz, amelynek gőznyomása 23 °C hőmérsékleten nagyobb, mint $6*10^{-4}$ Torr (=79,99 N/m^2 = $7,89*10^{-7}$ atm). Ez lényegében annak a víznek felel meg, amely 105-110 °C hőmérsékletű szárítás során a testből eltávozik. A cementkőből elgőzölhető víz, - más néven a pórus víz - szabad vízből, kapilláris vízből és gélvízből áll.

Az elgőzölhető víz egyik, legmozgékonyabb része az ún. szabad víz, amely a hidratált cementszemcsék közötti pórusokban található. Kötőereje viszonylag gyenge, a szabad víz molekulák akár el is párologhatnak. Előfordul (például a német szakirodalomban), hogy a kapilláris víztől nem különböztetik meg.

Az elgőzölhető víz másik része az ún. kapilláris víz, amely a nagyobb kapillárisokban helyezkedik el. A kapilláris víz a vízmolekulák hidrogénhíd-kötése és a kapilláris erők folytán vízfilmet képez a kapilláris falán. A kapilláris víz tulajdonképpen szabad vízként viselkedik, bár mozgása a kapilláris felületi feszültségek miatt a szabad vízénél nehezebb, de éppen a felületi feszültségek hatására a nehézségi erő ellenében a kapillárpórusban v felemelkedni képes. Ha a levegő relatív páratartalma ֍ 40 %-nál kisebb, akkor a cementkő nem tartalmaz sem szabad, sem kapilláris vizet. Fagyhatás esetén a kapilláris víz (sótartalmától függően) általában -3 °C hőmérséklet alatt megfagy.

A cementkő gélpórusaiban ֍ lévő ún. gélvíz az elgőzölhető víz harmadik része. A gélvíz többnyire egy molekula vastagságnyi rétegben tapad a hidratációs termékek felületéhez fizikai adszorpcióval (folyadék vagy gáz kapcsolódása szilárd test felületéhez), ezért *fizikailag kötött víznek* is hívják. A gélvíz kötőereje majdnem eléri a kémiailag kötött víz kötődését, ezért e kapcsolatot a szakirodalomban olykor kémiai adszorpciónak nevezik. A gélvíz mennyisége a levegő

páratartalmától és a hidratációs foktól ❀ függ, a cement tömegének 10±5 %-át teszi ki. A gélvíz felületén nagy felületaktív erők működnek, ezért fagyhatás során a gélvíz csak mintegy -78 °C hőmérsékleten fagy meg.

Az **el nem gőzölhető víz**, más néven a *kémiailag (szerkezetileg) kötött víz* a hidratáció során épül be a cementkőbe, és 105-110 °C hőmérsékletű szárítás után is a cementkőben marad. Az el nem gőzölhető vizet a (pórus mentes) szilárd anyag ❀ alkotó elemének tekintjük. A kémiailag kötött víz mennyisége a cement mennyiségének legalább mintegy 15-18 tömeg%-a.

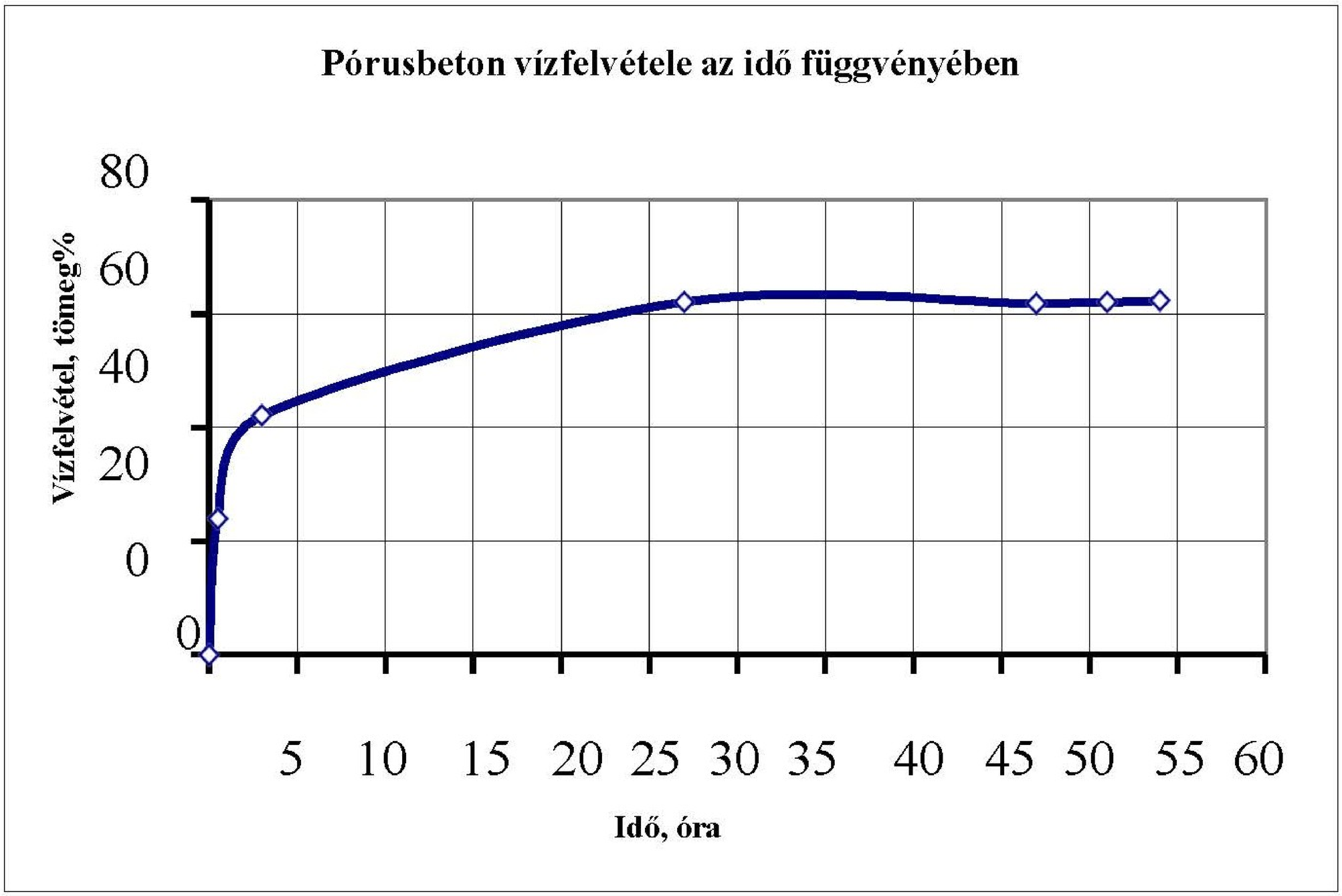
Felhasznált irodalom: Palotás László - Balázs György: Mérnöki szerkezetek anyagtana. 2. és 3. kötet. Akadémiai kiadó. Budapest, 1979-1980.

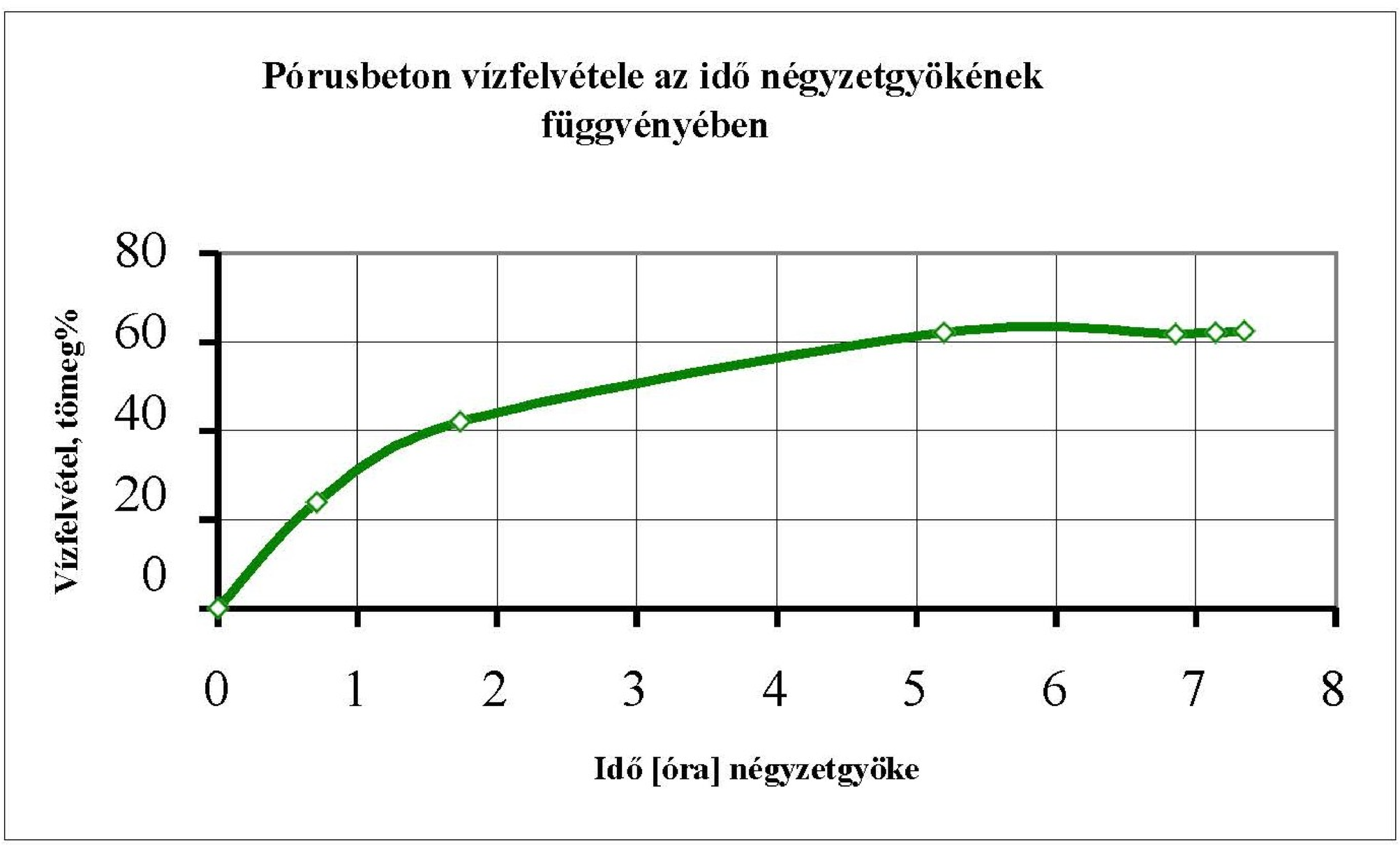
Jelmagyarázat: ❀ A jel előtt álló fogalom a fogalomtár szócikke.

Megjelent a	BETON szakmai havilap	2002. május havi számának 16. oldalán

Homokalapú pórusbeton (YTONG) vízfelvétele az idő függvényében

A próbakocka mérete: 105*105*105 mm = 1157,625 cm^3
Testsűrűség szárazon: 578,8 kg/m^3





Tömeg g	Idő óra	Vízfel-vétel tömeg%	Idő óra	Idő négyzet-gyöke	Vízfel-vétel tömeg%
670	0	0,0	0	0,000	0,0
830	0,5	23,9	0,5	0,707	23,9
952	3	42,1	3	1,732	42,1
1086	27	62,1	27	5,196	62,1
1084	47	61,8	47	6,856	61,8
1086	51	62,1	51	7,141	62,1
1088	54	62,4	54	7,348	62,4

Víztartalom, vízfelvétel, látszólagos porozitás

Kérem, bevezetésképpen tekintsék meg **Szentgyörgyi Lóránt** tanár úr (Szent István Egyetem Ybl Miklós Műszaki Főiskolai Kara) ide illő fényképét, majd ezt követően ajánlom a tisztelt érdeklődők szíves figyelmébe a címbeli fogalmakhoz fűzött megjegyzéseket.

Szentgyörgyi Lóránt: Vízcsepp a fűszálon

Panasonic SVHS képdigitalizálásra is alkalmas videokamerával készült felvétel, 1998.

Víztartalom. (Szokták nedvességtartalomnak is nevezni). Az építőanyagtan felfogása szerint a víztartalom az anyag hidrotechnikai állapotjellemzője. Valamely anyag víztartalma ($w^{tömeg\%}$) az adott időpontban, tömeg%-ban kifejezve, az adott időpontban az anyag pórusaiban lévő víz tömege és a kiszárított anyag tömege hányadosának százszorosa:

$$w^{tömeg\%} = w * 100 = \frac{M'_{Víz}}{M} * 100$$

ahol:

- $M'_{Víz}$ = Pórusokban lévő víz tömege adott időpontban = = Vizes anyag tömege adott időpontban - Kiszárított anyag tömege [g]

- M = Kiszárított anyag tömege [g]

Vannak ritka helyzetek, amelyekben a víztartalmat úgy adják meg, hogy a pórusokban vagy a szemhalmazban lévő víz tömegét nem a kiszárított anyag tömegére, hanem a vizes anyag tömegére vonatkoztatják, azaz a *(100*$M'_{víz}$/Vizes anyag tömege)* számértéket képezik, és ezzel a víztartalmat a vizes anyag tömeg%-ában fejezik ki. Tapasztaltuk, hogy ha ennek tényét nem hangsúlyozzák ki, akkor az kellemetlen félreértéseket okoz.

Történt ugyanis, hogy 1995-ben, Kazincbarcikán a pernye alapú gázbeton (kereskedelmi nevén pórusbeton) nyersanyag ellátása érdekében az erőművi pernye-meddőhányóból fúrásokkal mintákat kellett venni, és a minták gyártási technológiát befolyásoló víztartalmát laboratóriumban meg kellett határozni. A mérést elvégezve és az eredményeket a szokásos, hagyományos módon értékelve, mintegy 15 tömeg%-kal nagyobb értéket kaptunk, mint amire a számítást ellenőrző német gyártástechnológus jutott. Például az egyik minta mérési eredményei a következőkre vezettek:

Vizes anyag tömege [g]	Kiszárított anyag tömege [g]	Kiszárított anyag tömegére vonatkoztatott $_{w}$*tömeg%* víztartalom [tömeg%]	Vizes anyag tömegére vonatkoztatott víztartalom [tömeg%]
3956,9	2677,2	47,8	32,3

Mindkét eredmény helyes volt, csak mást-mást értettünk a víztartalom fogalma alatt. Az ilyen és hasonló félreértések elkerülésére mindig tisztázni szükséges a fogalom tartalmát. Ennek eszköze lehet a vonatkozó irodalom vagy a vizsgálati szabvány számának megadása, amelyet szerencsére annak idején sem mulasztottunk el. Néhány építőanyag hidrotechnikai vizsgálati szabványának számát példaképpen alább megadjuk.

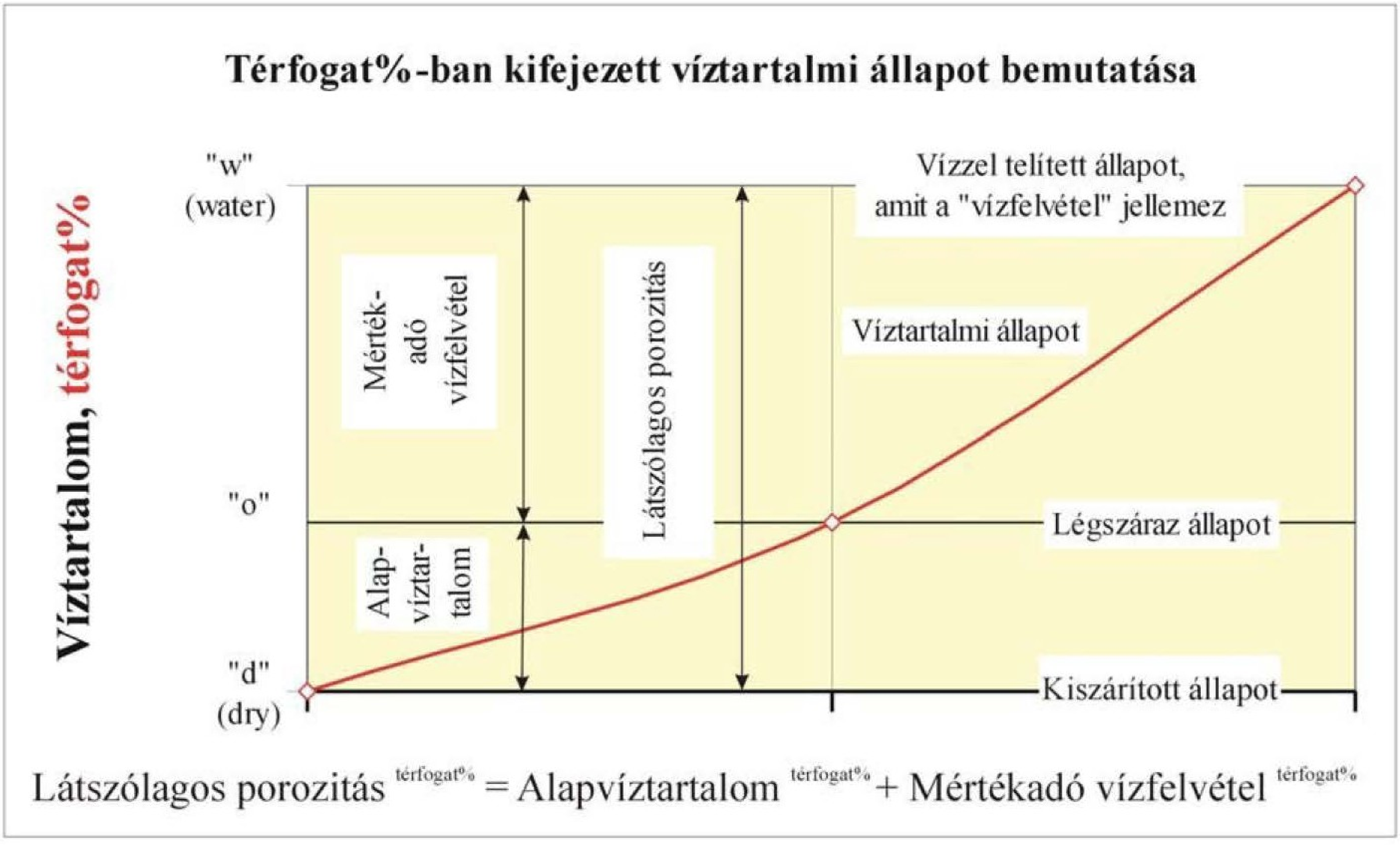
Vízfelvétel. A vízfelvétel az anyag víztartalmának lehetséges legnagyobb értéke és ezért anyagjellemző. Vizsgálatához az anyagot vízzel kell telíteni, általában légköri nyomáson és fokozatos víztelítéssel. Ezt követően a vízzel telített próbatest víztartalmát kell meghatározni, ami fogalmainknak megfelelően nem más, mint az anyag vízfelvétele. **A vízfelvételt ($n^{tömeg\%}$) a kiszárított anyag tömegére vonatkoztatjuk és tömeg%-ban fejezzük ki.**

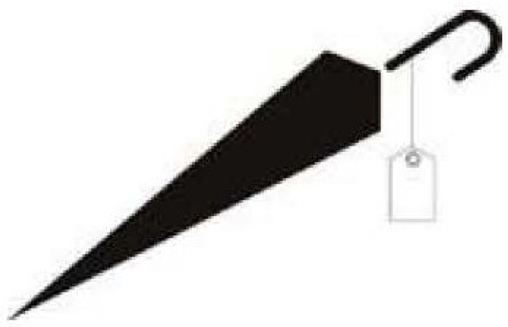
A víztartalom és vízfelvétel vizsgálatát néhány építőanyag esetén például a következő szabvány szerint lehet, illetve kell elvégezni:

- MSZ 18284/3-79 Építési kőanyagok tömegösszetételi vizsgálatai. Víztartalmi jellemzők vizsgálata
- MSZ 4715/3-72 Megszilárdult beton vizsgálata. Hidrotechnikai tulajdonságok
- MSZ 551/1-1988 Égetett agyag falazóelemek. Általános műszaki előírások
- MSZ EN 99:1994 Kerámiai burkolólapok. Vízfelvétel meghatározása
- MSZ EN 772-11:2000 Falazóelemek vizsgálati módszerei. 11. rész: Adalék(anyag)os beton, műkő falazóelemek vízfelvételének meghatározása kapillárishatással és az égetett agyag falazóelemek vízfelvétele kezdeti értékének meghatározása
- MSZ EN 1097-5:2000 Kőanyaghalmazok mechanikai és fizikai tulajdonságainak vizsgálata. 5. rész: A víztartalom meghatározása szárítószekrényben
- MSZ EN 1097-6:2001 Kőanyaghalmazok mechanikai és fizikai tulajdonságainak vizsgálata. 6. rész: A testsűrűség és a vízfelvétel meghatározása
- MSZ EN 1353:1999 Autoklávolt pórusbeton nedvességtartalmának meghatározása
- MSZ EN 13755:2002 Természetes építőkövek vizsgálati módszerei. A vízfelvétel meghatározása légköri nyomáson

Megjegyezzük, hogy vannak szabványok (például MSZ 18284/3:1979, MSZ EN 1353:1999), amelyek a víztartalmat, a vízfelvételt nemcsak tömeg%-ban, hanem térfogat%-ban is kifejezik. A térfogat%-ban kifejezett vízfelvétel a látszólagos porozitással arányos mennyiség és noha nem így említik, megtalálható az MSZ 18284/3-79 szabványban.

Ide illik a térfogat%-ban kifejezett víztartalom függvényében kifejezett víztartalmi állapot bemutatása is:





Látszólagos porozitás. A látszólagos porozitás a vízfelvételre visszavezethető fogalom, és így természetesen anyagjellemző. Ha az anyagot vízzel telítjük és feltételezzük, hogy reményeinknek megfelelően az anyagban lévő valamennyi pórus megtelt vízzel, azaz teljes víztelítést végeztünk, akkor az anyag által felvett víz térfogata a pórusok térfogatával egyenlő. Ezért **a térfogat%-ban kifejezett vízfelvétel ($n^{térfogat\%}$) századrészét látszólagos porozitásnak nevezzük.**

Vizsgáljuk meg, hogy milyen összefüggés van a tömeg%-ban kifejezett $n^{tömeg\%}$ vízfelvétel és a térfogat%-ban kifejezett $n^{térfogat\%}$ vízfelvétel, illetve a $p_{látszólagos}$ látszólagos porozitás között:

$$p_{látszólagos} = \frac{n^{térfogat\%}}{100} = \frac{V_{Víz}}{V} = \frac{M_{Víz} / \rho_{Víz}}{M / \rho_T} = \frac{M_{Víz}}{M} * \frac{\rho_T}{\rho_{Víz}} = \frac{n^{tömeg\%}}{100} * \delta_T$$

ahol:

- $V_{víz}$ = Pórusokba felvett víz térfogata [cm^3]
- V = Anyag (próbatest befoglaló) térfogata [cm^3]
- $M_{Víz}$ = Pórusokba felvett víz tömege a vizsgálati hőmérsékleten [g]
- M = Kiszárított anyag tömege [g]
- $\rho_{Víz} = M_{Víz}/V_{Víz}$ = Víz sűrűsége a vizsgálati hőmérsékleten [g/cm^3]
- $\rho_T = M/V$ = Anyag testsűrűsége [g/cm^3]
- $\delta_T = \rho_T / \rho_{Víz}$ = Anyag relatív testsűrűsége a vizsgálati hőmérsékleten

Az <u>anyag</u> δ_T *relatív testsűrűsége* azt mutatja meg, hogy az anyag testsűrűsége a vizsgálati hőmérsékleten hányszorosa a víz sűrűségének. Nemzeti szabványban nem találkoztunk ezzel a fogalommal, de európai és nemzetközi szabványban fellelhető.

Az MSZ EN 934- 2:1999 "Adalékszerek betonhoz, habarcshoz és injektálóhabarcshoz. 2. Rész: Betonadalékszerek. Fogalommeghatározások és követelmények" című szabvány 1. táblázata a relatív sűrűségre (a vizsgált anyag sűrűségének és a víz sűrűségének hányadosa) ad követelmény értéket és a vizsgálat módját illetően hivatkozik az ISO 758 "Liquid chemical products for industrial use. Determination of density at 20 °C" (Folyékony vegyi termékek iparifelhasználásra. A sűrűség meghatározása 20 °C-on) című szabványra.

A következő táblázatban mérési eredményeink alapján példát mutatunk be néhány építőanyag vízfelvételére és látszólagos porozítására. A méréseket 20,5 °C hőmérsékletű vízzel végeztük, amely hőmérsékleten a víz sűrűsége $\rho_{Viz} = 0{,}998126\ g/cm^3$.

	Mész-kő	Ande-zit	Kavics beton	Ande-zit-tufa	Tégla	Dácit-tufa	Fa	Pórus-beton
ρ_A	2,716	2,685	2,738	2,746	2,729	2,487	1,534	2,247
ρ_T	2,643	2,386	2,349	2,335	1,661	1,399	0,718	0,581
p	0,0269	0,1114	0,1421	0,1497	0,3914	0,4375	0,5319	0,7414
n	0,0038	0,0381	0,0542	0,0427	0,2246	0,2381	0,5536	0,6249
δ_T	2,648	2,390	2,353	2,339	1,664	1,402	0,719	0,582
$p_{látszólag.}$	0,0101	0,0911	0,1275	0,0999	0,3731	0,3338	0,3980	0,3637

- *Jelölések és mértékegységek a táblázatban:*
  - ρ_A = Anyagsűrűség kiszárított állapotban [g/cm^3]
  - ρ_T = Anyag testsűrűsége kiszárított állapotban [g/cm^3]
  - $p = 1 - (\rho_T/\rho_A)$ = Porozitás [térfogatarány]
  - $n = n^{tömeg\%}/100$ = Vízfelvétel [tömegarány]
  - $\delta_T = \rho_T/\rho_{Víz}$ = Anyag relatív testsűrűsége a vizsgálati hőmérsékleten
  - $p_{látszólag.}$ = Látszólagos porozitás [térfogatarány]

A táblázatból az alábbi következtetéseket vonhatjuk le:

- A $p_{látszólagos}$ látszólagos porozítás értéke általában kisebb, mint a p porozitás értéke. Ez vélhetően mérési hiba, amelynek felléptével számolnunk kell. Ezért úgy kell fogalmaznunk, hogy **a látszólagos porozitás a porozitásnak még gondos teljes víztelítés és mérés mellett is általában csak alulról való közelítő értéke.**

- A táblázatban az építőanyagokat testsűrűség szerint csökkenő sorrendben tüntettük fel. Így jól követhető, hogy a $p_{látszólagos}$ látszólagos porozitás az n vízfelvételnél:

- nagyobb, ha az anyag ρ_T testsűrűsége a víz $\rho_{víz}$ sűrűségénél nagyobb, hiszen ilyenkor $\delta_T > 1{,}0$;
- kisebb, ha az anyag ρ_T testsűrűsége a víz $\rho_{víz}$ sűrűségénél kisebb, hiszen ilyenkor $\delta_T < 1{,}0$;
- és elméletileg a $p_{látszólagos}$ látszólagos porozítás és az n vízfelvétel akkor egyenlő, ha az anyag ρ_T testsűrűsége a víz $\rho_{víz}$ sűrűségével egyenlő, hiszen ilyenkor $\delta_T = 1{,}0$.

Minta kiszárításának időpontja vízfelvétel vizsgálat esetén. A vizsgálati minta, illetve próbatest kiszárításának időpontja a vízfelvétel vizsgálat során nem közömbös. Elvégezhető a próbatest vízzel való telítése előtt vagy után.

- Az építési kőanyagok MSZ 18284/3-79, a kőanyaghalmazok MSZ EN 1097-6:2001, a betonadalékanyagok MSZ ISO 6783:1993 és MSZ ISO 7033:1992 vizsgálati szabványa szerint a kiszárított állapotú minta vízfelvételét úgy kell meghatározni, hogy a mintát előbb vízzel kell telíteni, majd ezt követően kell kiszárítani. A betonok légritkított vagy túlnyomásos térben történő MSZ 4715/3-72 szabvány szerinti vizsgálata során az eljárás sorrendje ugyan ilyen.

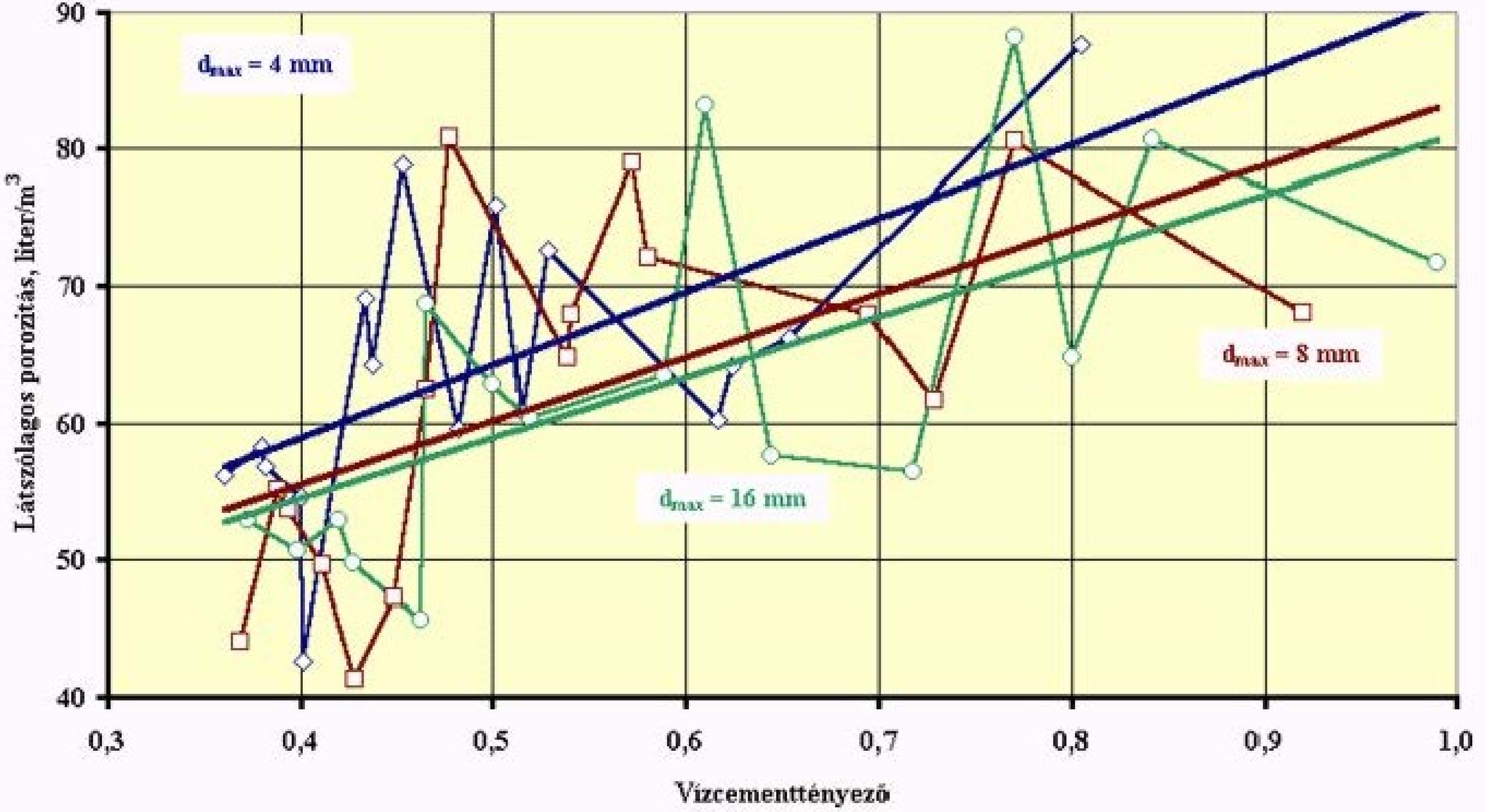
- Ezzel szemben a betonok MSZ 4715/3-72, az égetett agyag falazóelemek MSZ 551/1-1988, az égetett agyag burkolóelemek MSZ 3555-1:1991 vizsgálati szabványa szerint a kiszárított állapotú próbatest vízfelvételét légköri nyomáson úgy kell meghatározni, hogy a próbatestet előbb ki kell szárítani, majd ezt követően kell vízzel kell telíteni.

Az első eset szerinti sorrend követése mellett az szól, hogy a kiszárítás során a párolgó vízből - amely víz általában több-kevesebb oldott sót tartalmaz - a sók kiválnak és a kapillárisokban visszamaradva, azokban méret és egyéb változásokat okozhatnak. Ha a vízzel való telítésre a kiszárítás után kerül sor (második sorrend), akkor a vizsgálati anyag kezdeti víztartalmi állapotától függő sókiválás jelensége a vízfelvétel mértékét befolyásolhatja, míg fordított sorrend esetén ilyen mérési hibával számolni nem kell.

A minta kiszárítását a korábbi szabványok döntő többsége és némely európai szabvány (például MSZ EN 1097-6:2001) (100-115) °C vagy (110±5) °C közötti hőmérsékleten végeztette, illetve végezteti el. Más európai szabványok és így számos újabb hazai szabvány is (például az MSZ 4798-1:2004 betonszabvány) a minta kiszárítását (60±5) °C hőmérsékleten végezteti el.

Ha még nem fáradt el a kedves Internetező, akkor kérem befejezésképpen tekintse meg a következő ábrát. Az ábra 1998-ban az OTKA T 016461 nyilvántartási számú kutatás keretében készült. Azt mutatja be, hogy beton esetén növekvő víz-cement-tényezőhöz és csökkenő adalékanyag legnagyobb szemnagysághoz növekvő látszólagos porozitás tartozik. Ez egyik magyarázatát adja annak, hogy betontervezés során a pórustartalom alacsony szinten tartása érdekében is törekszünk kis víz-cement-tényező és megengedhetően nagy adalékanyag legnagyobb szemnagyság alkalmazására:

A beton látszólagos porozitása a vízcementtényező és a homokos kavics adalékanyag d_{max} legnagyobb szemnagysága függvényében



Víztartalom, vízfelvétel, látszólagos porozitás, vízfelszívás

Németül:	Wassergehalt (víztartalom), Wasseraufnahme (vízfelvétel), Wasseraufsaugen (vízfelszívás)
Angolul:	Water-content (víztartalom), Absorption of water (vízfelvétel), Hydroscopicity (vízfelszívás)
Franciául:	Teneur en eau (víztartalom), Absorption d'eau (vízfelvétel) Succion d'eau (vízfelszívás)

A beton kapilláris vízfelszívása

A **víztartalom** valamely szilárd test (például építőanyag) ❖ hidrotechnikai állapotjellemzője ❖. Szokták nedvességtartalomnak is nevezni. Értéke adott időponthoz tartozik. Valamely test víztartalma az adott időpontban a test pórusaiban lévő (elgőzölhető) víz ❖ mennyiségének és a kiszárított test ugyanolyan mértékegységű mérőszámának a ❖ hányadosa. A víztartalmat kétféle módon lehet megadni aszerint, hogy tömegeket vagy térfogatokat viszonyítunk egymáshoz, azaz a víz és a test mennyiségét kg-ban, vagy m^3-ben fejezzük ki. Ha a hányadost 100-zal megszorozzuk, akkor a mértékegység tömeg% vagy térfogat% lesz. Ha például valamely, kiszárított állapotban 2000 kg/m^3 testsűrűségű ❖ testből 40 kg (0,04 m^3) víz gőzölhető el, akkor a test víztartalma 2 tömeg%, illetve 4 térfogat%.

Adott esetben a test halmaz is lehet (például homokos kavics), ilyenkor a halmaz víztartalmáról beszélünk, és az elgőzölhető víz alatt a szemek pórusaiban lévő ilyen víznek és a szemek közötti hézagokban lévő víznek az összegét értjük.

Az építőanyagiparban néha előfordul, hogy gyakorlati okokból az elgőzölhető víz tömegét nem a kiszárított halmaz, hanem a vizes állapotban lévő halmaz tömegére vonatkoztatják. Ha például valamely 800 kg/m^3 halmazsűrűségű ❖ pernye halmaznak adott időpontban a kiszárított halmazra vonatkoztatott víztartalma 50 tömeg%, akkor a vizes állapotú halmazra vonatkoztatott víztartalma csak 33,3 tömeg%, tehát az eltérés jelentős. Voltaképpen mind a két adat helyes, csak a víztartalom fogalmának értelmezésében van különbség.

Szokás a test légszáraz állapotban mért víztartalmát *alapvíztartalomnak* nevezni.

A **vízfelvétel (vízfelvevőképesség)** a test víztartalmának lehetséges legnagyobb értéke, és ezért anyagjellemző. A vízfelvétel a vízzel telített test víztartalma, amelyet a víztartalomhoz hasonlóan tömegarányban vagy tömeg%-ban, és térfogatarányban vagy térfogat%-ban lehet megadni. Vizsgálatához a testet általában légköri nyomáson és fokozatos vízszintemeléssel tömegállandóságig ❖ vízzel kell telíteni, majd tömegállandóságig ki kell szárítani, és az elgőzölgött víz mennyiségét a kiszárított test tömegére vagy térfogatára kell vonatkoztatni.

Szokás a légszáraz állapotú test vízfelvételét *mértékadó vízfelvételnek* nevezni. A vízfelvétel az alapvíztartalom és a mértékadó vízfelvétel összege.

A térfogatarányban vagy térfogat%-ban kifejezett vízfelvétel a **látszólagos porozitás**. Értelmezéséhez feltételezzük, hogy a víztelítés során a testben lévő minden pórus ❖ megtelik vízzel, és akkor a felvett víz térfogata a pórusok térfogatával egyenlő. A látszólagos porozitás mért értéke gondos, vákuumkamrás víztelítés esetén a *nyílt porozitás* (németül: Offene Porosität) jó közelítése. A test látszólagos porozitását megkapjuk, ha a test tömegarányban kifejezett vízfelvételét megszorozzuk a test vizsgálati hőmérsékleten értelmezett relatív testsűrűségével.

A test relatív testsűrűsége nevezetlen szám, amely azt mutatja meg, hogy a test testsűrűsége hányszorosa a vizsgálati hőmérsékletű víz sűrűségének. Ha például a 2400 kg/m^3 testsűrűségű beton tömegarányban kifejezett vízfelvétele 0,05, és a vízfelvételmérés 20,5 °C hőmérsékletű, 998,126 kg/m^3 sűrűségű vízzel történt, akkor a test relatív testsűrűsége 2400/998,126=2,40451 és látszólagos porozitása 0,05*2,40451=0,1202, illetve 12,02 térfogat%.

Kapilláris vízfelszívás a testnek az a tulajdonsága, hogy a testet kismélységű vízbe (folyadékba) helyezve kapillárisaiban ❖ a víz (folyadék) felemelkedik. Az emelkedés magassága egyenesen arányos a folyadék felületi feszültségével és nedvesítő képességével (nedvesedési szög), és fordítottan arányos a kapilláris sugarával, a folyadék sűrűségével, a nehézségi gyorsulással.

A témakörről, ha ide kattint, a Noteszlapok "Víztartalom, vízfelvétel, látszólagos porozitás" című oldalán egyéb érdekességeket is olvashat.

Jelmagyarázat: ❖ A jel előtt álló fogalom a fogalomtár szócikke.

Megjelent a	BETON szakmai havilap	2002. február havi számának 18. oldalán

Kapilláris vízfelszívás

Legyen:	**cos θ =**	**cos 90°**	**cos 75°**	**cos 60°**	**cos 45°**	**cos 30°**	
		0,0000	0,2588	0,5000	0,7071	0,8660	
	t =	20,4	→				°C
	$\sigma_{víz}$ =	0,0729	→				N/m
	$\rho_{víz}$ =	998,147	→				kg/m^3
	g =	9,8067	→				m/s^2
amiből:	$r^{[mm]} \cdot h_{max}^{[m]}$ =	**0,0000**	**0,0039**	**0,0074**	**0,0105**	**0,0129**	**mm·m**

Megjegyzés: 1 N = 1 kg·m/s^2

d [mm]	r [mm]	h_{max} [m]				
		cos 90°	cos 75°	cos 60°	cos 45°	cos 30°
1	0,5	0,000	0,008	0,015	0,021	0,026
0,1	0,05	0,000	0,077	0,149	0,211	0,258
0,01	0,005	0,000	0,771	1,490	2,106	2,580
0,001	0,0005	0,000	7,710	14,895	21,065	25,799

ahol: t a víz hőmérséklete [°C]

$\sigma_{víz}$ a víz felületi feszültsége [N/m]

$\rho_{víz}$ a víz sűrűsége [kg/m^3]

g a nehézségi gyorsulás [m/s^2]

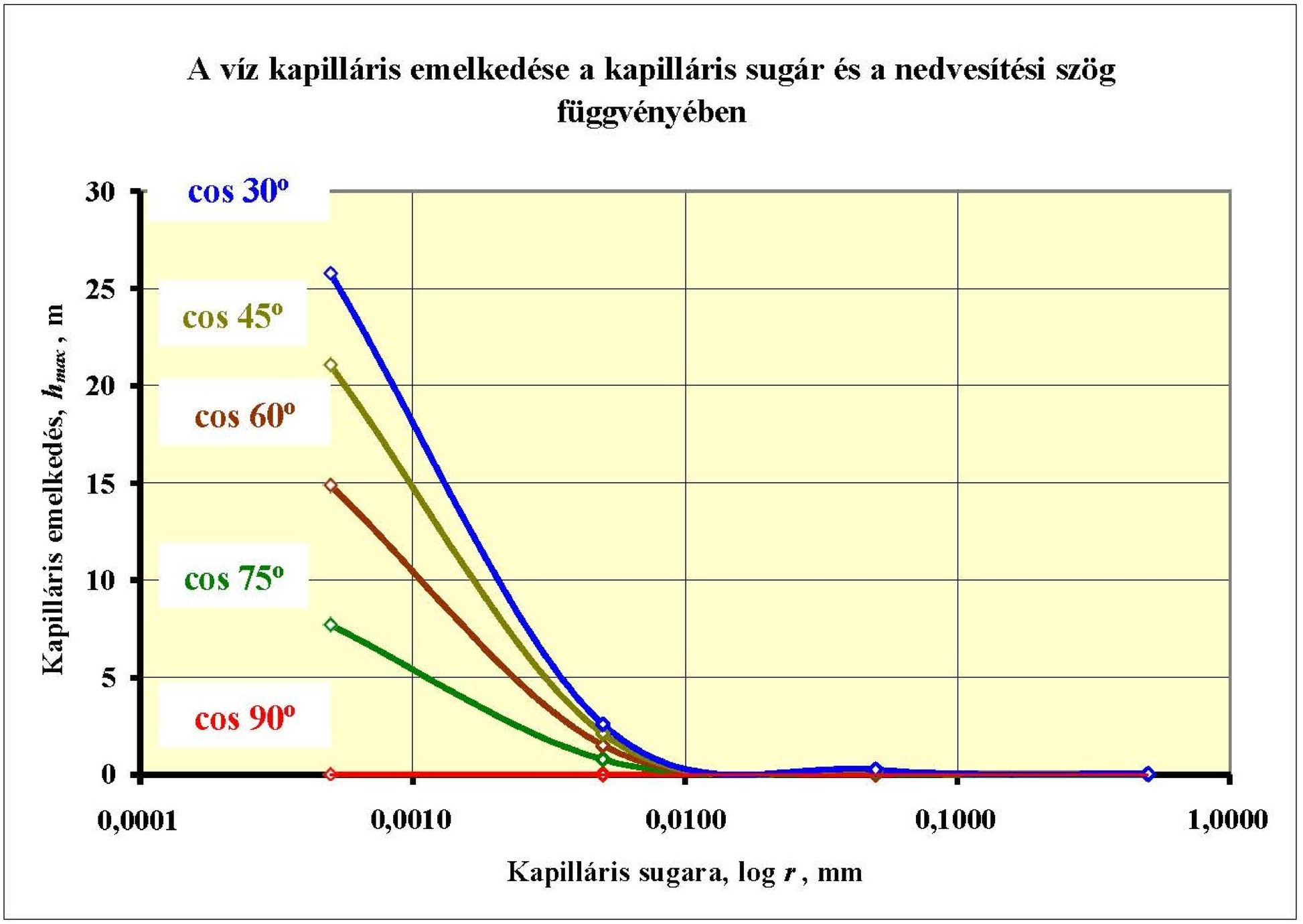
d a kapilláris névleges átmérője [mm]

θ a nedvesítési (illeszkedési) szög

r a kapilláris névleges sugara [mm]

h_{max} a vízfelszívás legnagyobb magassága [m]

$$r^{[mm]} \times h_{max}^{[m]} = 1000 \times \frac{2 \times \sigma_{víz}^{[\frac{N}{m}=kg/s^2]} \times cos\theta}{\rho_{víz}^{[kg/m^3]} \times g^{[m/s^2]}}$$



A folyadék felszínén lévő részecskékre a folyadék belsejéből ható eredő erő hat, és a folyadék felszínét csak ezen erő ellenében tudjuk növelni.

A **felületi feszültség** mértéke a felszín nagyságának megváltoztatásához szükséges munka.

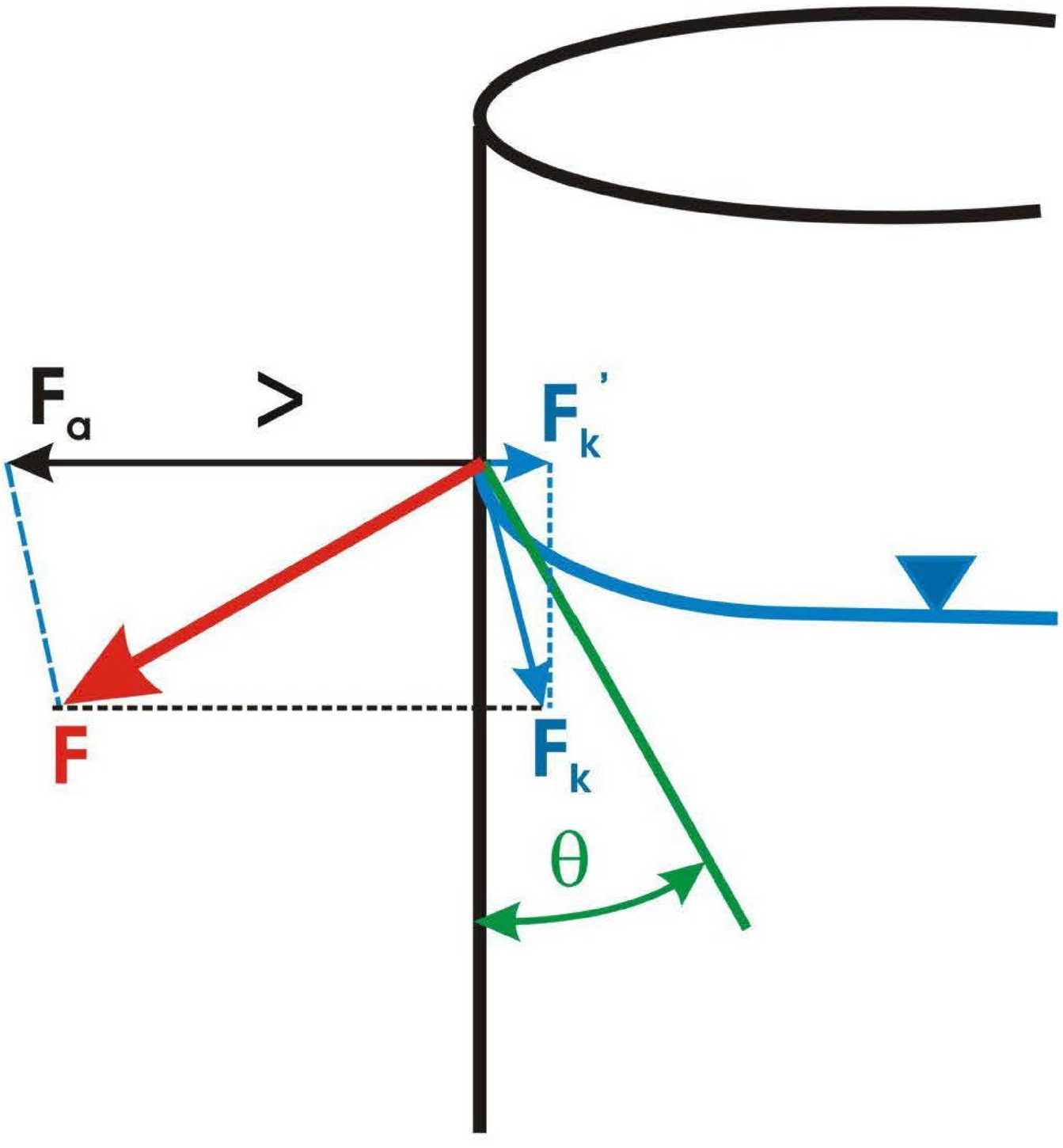
Mértékegysége: J/m^2, illetve N/m.

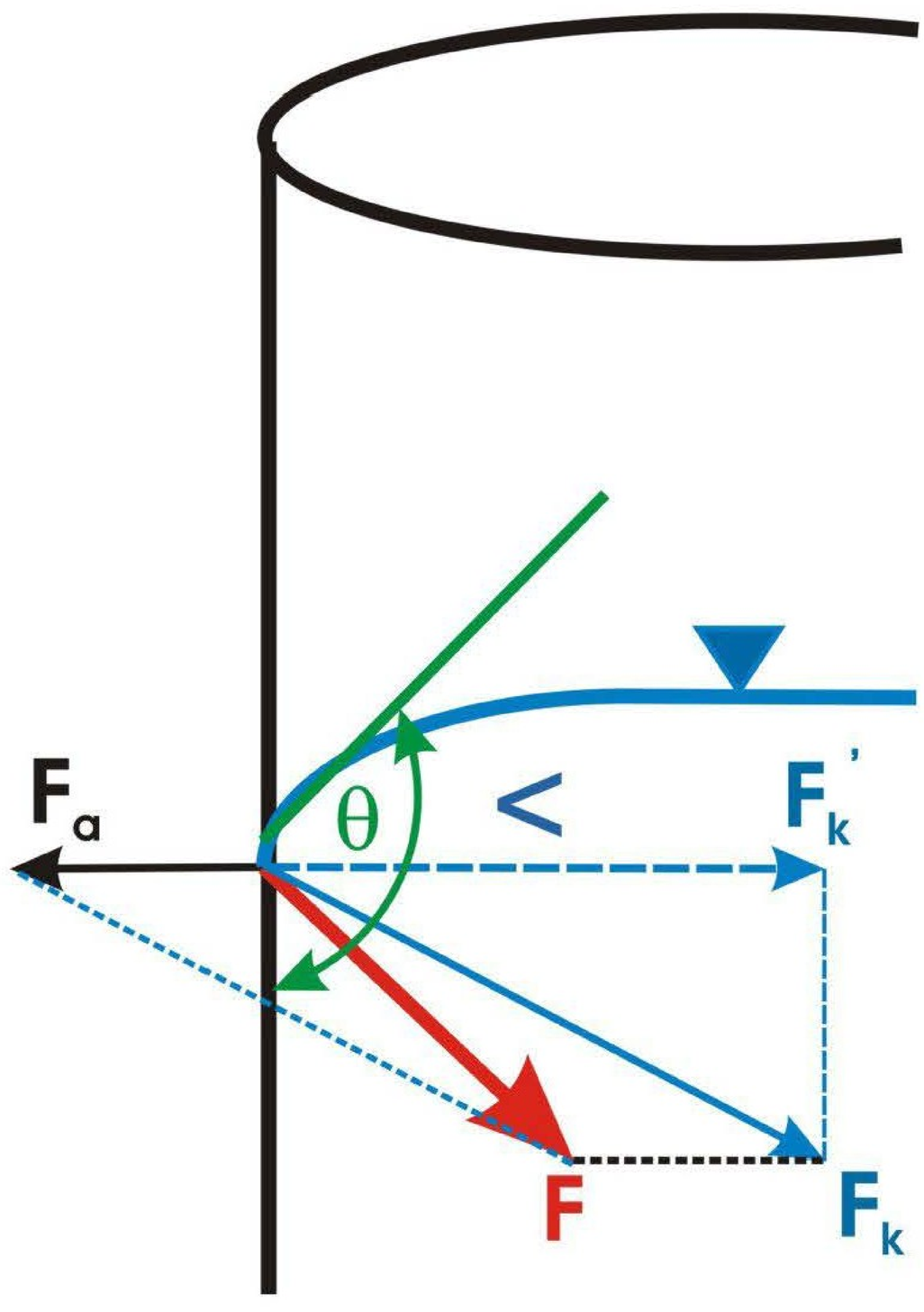
A **nedvesítési (illeszkedési) szög** a szilárd felülettel érintkező folyadék felszínének az a θ szöge, amelyet a felszínnek az érintkezési pontot tartalmazó érintősíkja a fal érintősíkjával bezár.

A felületi feszültség és a nedvesítési (illeszkedési) szög hatására a folyadék az edényt *nedvesíti* (hidrofil tulajdonság) vagy *nem-nedvesíti* (hidrofób), és a kapillárisokban a fenti törvényszerűség

szerint viselkedik: vékony csőben egy *nedvesítő* folyadék szintje magasabb, *nem-nedvesítő* folyadéké alacsonyabb, mint a nagyfelületű edényben lévő folyadék szintje.

Ha az érintkezési pontban a fal F_a adhéziós ereje nagyobb, mint a folyadékrészecskék F_k kohéziós erejének a falra merőleges komponense (F_k'), akkor az F eredő erőre merőleges folyadék felszín homorú (pl. víz az üvegcsőben), ellentétes esetben domború (pl. higany az üvegcsőben). Ha a két erő egyenlő, a nedvesítési szög $\theta = 90°$, és a folyadék felülete merőleges a falra, a vékony csőben a folyadék szintje azonos a nagyfelületű edényben lévő folyadék szintjével. Ezt az állapotot az „ideális nedvesítés" esetének nevezik.


F_a
>
F_k'
F
F_k
θ


F_a
θ
<
F_k'
F
F_k

A víz felületi feszültsége ($\sigma_{víz}$) a hőmérséklet ($t_{víz}$) függvényében

$t_{víz}$ [°C]	$\sigma_{víz}$ [N/m]
20,0	0,072960
20,1	0,072945
20,2	0,072930
20,3	0,072914
20,4	0,072899
20,5	0,072884
20,6	0,072869
20,7	0,072854
20,8	0,072838
20,9	0,072823
21,0	0,072808
21,1	0,072793
21,2	0,072778
21,3	0,072762
21,4	0,072747
21,5	0,072732
21,6	0,072717
21,7	0,072702
21,8	0,072686
21,9	0,072671
22,0	0,072656

≈ 0,0729

$$\sigma_{víz} = 0{,}076*(1-0{,}002*t) \qquad [N/m]$$

Forrás: http://www.physics.kee.hu/jegyzet/sztalag.html
Budapesti Corvinus Egyetem fizika jegyzete az interneten

Néhány folyadék felületi feszültsége a levegőre vonatkoztatva
Forrás: http://www.szulo.hu/fizika/folv/folv3.htm
Porkoláb Tamás: A folyadékok mechanikája III.

Folyadék	Víz	Higany	Étolaj	Petróleum
Felületi feszültség [10^{-2} N/m]	7,29	4,91	3,3	2,7

A pórusvíz fagyás pontja a pórusméret függvényében

Forrás: Balázs György – Tóth Ernő: Beton- és vasbeton szerkezetek diagnosztikája I. Műegyetemi Kiadó, 1997.

Pórus	Pórusméret különböző mértékegységekben kifejezve					Pórusvíz fagyás pontja °C
	m	mm	**μm**	nm	Å	
	méter	milliméter	**mikro-méter**	nano-méter	ángström	
Durva pórus	$> 10^{-3}$	> 1	**$> 10^{3}$**	$> 10^{6}$	$> 10^{7}$	**0 – (-3)**
Légpórus	$10^{-5} – 10^{-3}$	$10^{-2} – 1$	**$10 – 10^{3}$**	$10^{4} – 10^{6}$	$10^{5} – 10^{7}$	**0 – (-3)**
Kapillárpórus	$10^{-7} – 10^{-5}$	$10^{-4} – 10^{-2}$	**0,1 – 10**	$10^{2} – 10^{4}$	$10^{3} – 10^{5}$	**0 – (-3)**
Gélpórus	$10^{-8} – 10^{-7}$	$10^{-5} – 10^{-4}$	**$10^{-2} – 0{,}1$**	$10 – 10^{2}$	$10^{2} – 10^{3}$	**- 15**
	$10^{-9} – 10^{-8}$	$10^{-6} – 10^{-5}$	**$10^{-3} – 10^{-2}$**	$1 – 10$	$10 – 10^{2}$	**- 43**
	$< 10^{-9}$	$< 10^{-6}$	**$< 10^{-3}$**	< 1	< 10	**- 160**
Légbuborék (adalékszerrel képzett)	$< 3 \cdot 10^{-4}$	$< 0{,}3$	**$< 3 \cdot 10^{2}$**	$< 3 \cdot 10^{5}$	$< 3 \cdot 10^{6}$	
	1 m = $= 10^{0}$ m	1 mm = $= 10^{-3}$ m	1 μm = $= 10^{-6}$ m	1 nm = $= 10^{-9}$ m	1 Å = $= 10^{-10}$ m	

Az oldallal kapcsolatban ajánlható web olvasmány:
http://metal.elte.hu/~phexp/tart/tt_ffs.htm
Rajkovits Zsuzsa – Tasnádi Péter: A folyadékok és gázok mechanikája

TÖMEGÁLLANDÓSÁG FOGALMA

A tömegállandóság fogalma azt fejezi ki, hogy kiszárított állapotban az anyagot tovább szárítva a tömege nem csökken.
A tömegállandóság fogalma a szabványokban nem egységes, gyakorlati értelmezése anyagonként (néha egy anyagfajtán belül is) eltérő.

ÁLTALÁNOSSÁGBAN:

Beton szárítása esetén: Tömegállandó a **(60 ± 5) °C** hőmérsékleten① szárított beton próbatest, amikor az egymást legalább **24 órás** időközökben követő tömegmérések nem térnek el jobban egymástól, mint az utóbbi **0,1 %-a**.

① A beton (60 ± 5) °C hőmérsékleten történő szárításának az a magyarázata, hogy a cementkő egyes összetevői (például az ettringit) 60 °C hőmérséklet felett átalakulhatnak.

Könnyűbeton szárítása esetén: Tömegállandó a **(105 ± 5) °C** hőmérsékleten szárított könnyűbeton próbatest, amikor az egymást legalább **24 órás** időközökben követő tömegmérések nem térnek el jobban egymástól, mint az utóbbi **0,2 %-a**. (Helyesebb lenne a könnyűbetont is csak **(60 ± 5) °C** hőmérsékleten szárítani.)

Kőanyaghalmaz szárítása esetén: Tömegállandó a **(110 ± 5) °C** hőmérsékleten szárított kőanyaghalmaz, amikor az egymást legalább **1 órás** időközökben követő tömegmérések nem térnek el jobban egymástól, mint az utóbbi **0,1 %-a**.

Természetes építőkő szárítása esetén: Tömegállandó a **(110 ± 5) °C** hőmérsékleten szárított természetes építőkő, amikor az egymást legalább **24 órás** időközökben követő tömegmérések nem térnek el jobban egymástól, mint az utóbbi **0,1 %-a**.

Táblázatosan összefoglalva

Anyag megnevezése	**Szárítás hőmérséklete, °C**	**Tömegmérések időköze, Óra**	**Megengedett legnagyobb tömegeltérés, %**
Beton	**60 ± 5**	**24**	**0,1**
Könnyűbeton	**105 ± 5**	**24**	**0,2**
Kőanyag-halmaz	**110 ± 5**	**1**	**0,1**
Természetes építőkő	**110 ± 5**	**24**	**0,1**

RÉSZLETEKBEN:

PÉLDÁUL ÉRVÉNYES MAGYAR ÉS HONOSÍTOTT EURÓPAI SZABVÁNYOKBAN:

MSZ 4798-1:2004 Beton. 1. rész: Műszaki feltételek, teljesítőképesség, készítés és megfelelőség. Az MSZ EN 206-1 és alkalmazási feltételei Magyarországon

A szilárd beton a testsűrűségét **(60 ± 5) °C** hőmérsékleten tömegállandóságig szárított próbatesteken határozzuk meg, 28 napos korban. Tömegállandó a beton próbatest, ha a **két legutolsó tömegmérés** közötti különbség az utóbbinak **legfeljebb 0,1 %-a**.

MSZ 4715-3:1972 Megszilárdult beton vizsgálata. Hidrotechnikai tulajdonságok

A próbatesteket külön-külön ismert tömegű tálcára helyezve **105-110 °C** hőmérsékleten szárítószekrényben szárítjuk. **24 óránként** mérjük az egyes tálcák tömegét a rajtuk lévő próbatesttel együtt. A szárítást mindaddig folytatjuk, amíg a próbatest tömegének két mérés közötti változása nagyobb, mint **10 g**, illetve (a próbatest) az utoljára mért tömeg(ének) **0,1 %-a.**

A próbatestről esetleg elporló vagy lepattogzó anyagrészek tömegét is hozzá kell számítani a próbatest tömegéhez.

MSZ EN 12390-7:2009 A megszilárdult beton vizsgálata. 7. rész: A megszilárdult beton testsűrűsége

Testsűrűség meghatározása vízzel telített állapotban: A próbatestet (20 ± 2) °C hőmérsékletű víz alá kell helyezni, és ott kell tartani, míg **24 óránkénti** mérések során a tömege kevesebbet változik, mint **0,2 %**. Megjegyzés: A *72 órán át* vízben tárolt próbatestekről feltételezhető, hogy állandó tömegűre telítődtek vízzel.

Testsűrűség meghatározása kiszárított állapotban: A próbatestet **(105 ± 5) °C** hőmérsékletű légkeveréses szárítószekrényben kell szárítani, míg **24 óránkénti** mérések során a tömege kevesebbet változik, mint **0,2 %**.

MSZ EN 678:1999 Autoklávolt pórusbeton② testsűrűségének meghatározása kiszárított állapotú próbatesten

A próbatestek tömegét **(105 ± 5) °C** hőmérsékleten tömegállandóságig való szárítás után kell meghatározni. A tömeg meghatározásának hibája nem lehet több 0,1 %-nál. A próbatest tömegét állandónak lehet venni, ha az további **24 órán** át tartó szárítás után nem változik többel, mint **0,2 %**.

② Az **autoklávolt pórusbeton** (új keletű kereskedelmi elnevezés) hagyományos, tudományos elnevezése: **gázbeton**

MSZ EN 1353:1999 Autoklávolt pórusbeton ② nedvességtartalmának meghatározása

A próbatestek tömegét **(105 ± 5) °C** hőmérsékleten tömegállandóságig való szárítás után kell meghatározni. A tömeg meghatározásának hibája nem lehet több 0,1 %-nál. A próbatest tömegét állandónak lehet venni, ha az további **24 órán** át tartó szárítás után nem változik többel, mint **0,2 %**.

② Az **autoklávolt pórusbeton** (új keletű kereskedelmi elnevezés) hagyományos, tudományos elnevezése: **gázbeton**

MSZ EN 992:1999 Adalékanyagos, nagyhézagtérfogatú könnyűbeton testsűrűségének meghatározása kiszárított állapotú próbatesten

A próbatesteket tömegállandóságuk eléréséig **(105 ± 5) °C** hőmérsékletű, szellőztethető szárítószekrényben kell tárolni. Rendszerint csak 7 nap múlva kezdik a szárítást. A szárítószekrényből való kivétel után rögtön meg kell határozni az egyes próbatestek tömegét. A tömeg meghatározásának hibája nem lehet nagyobb a próbatest tömegének 0,1 %-ánál. A próbatest tömegét állandónak lehet venni, ha az további **24 órán** át tartó szárítás után nem változik többel, mint **0,2 %**.

MSZ 18284-1:1979 Építési kőanyagok tömegösszetételi vizsgálatai. Fogalommeghatározások

Kiszárított állapotú a kőzet, ha **105 ± 5 °C** hőmérsékletű zárt, de légcsere-képes térben (például szárítószekrényben) a **próbatestet legalább három**, a **próbahalmazt legalább 1 napig** tárolják, *vagy különleges pontossági igényű vizsgálatok esetén a próbatestet vagy próbahalmazt tömegállandóságig szárítják*, és tárolás, illetve szárítás után szobahőmérsékletre lehűtik. *Kiszárított állapotban a kőzet víztartalmát nullának kell tekinteni.*

Tömegállandóság a kőzetek tömegváltozásának azon határesete, amikor meghatározott és állandó környezetben, általános esetben **három egymást követő napon**, a kőzet kiszárított állapotának elérésére alkalmazott szárítás esetén **6 óránként** nyert tömegmérési eredmény közül a két-két egymást követő eredmény eltérése nem éri el a **0,1 tömeg%-ot**. Megjegyzés: A *súlyállandóságot* a tömegállandósággal azonosan kell értelmezni.

Vízzel telített állapotú a kőzet, ha vagy a légszáraz, illetve természetes állapotú kőzetet *telítik tömegállandóságig vízzel*, vagy a próbatestet **legalább öt**, a próbahalmazt **legalább három napig** vízben tárolják. Vízzel telített állapotban a kőzet víztartalma a *telítési víztartalom*.

MSZ EN 1097-5:2008 Kőanyaghalmazok mechanikai és fizikai tulajdonságainak vizsgálata
5. rész: A víztartalom meghatározása szárítószekrényben történő szárítással

A vizsgálati mintát légkeveréses szárítószekrényben **(110 ± 5) °C** hőmérsékleten meghatározott ideig kell szárítani. Tömegállandóság állapotába került a kőanyag, amikor az egymást legalább **1 órás** időközökben követő tömegmérések nem térnek el jobban egymástól, mint **0,1 %**.

A vizsgáló laboratóriumok maguk állapíthatják meg a különböző jellegű és nagyságú minták tömegállandóságának eléréséhez szükséges időt a rendelkezésre álló szárítószekrény befogadóképességének megfelelően.

MSZ EN 933-1: 1997/A1:2006 Kőanyaghalmazok geometriai tulajdonságainak vizsgálata. 1. rész: A szemmegoszlás meghatározása. Szitavizsgálat

A vizsgálati mintát légkeveréses szárítószekrényben **(110 ± 5) °C** hőmérsékleten meghatározott ideig kell szárítani. Tömegállandóság állapotába került a kőanyag, amikor az egymást legalább **1 órás** időközökben követő tömegmérések nem térnek el jobban egymástól, mint **0,1 %**.

MSZ EN 1097-1:1996/A1:2004 Kőanyaghalmazok mechanikai és fizikai tulajdonságainak vizsgálata. 1. rész: A kopásállóság vizsgálata (mikro-Deval)

A vizsgálati mintát légkeveréses szárítószekrényben **(110 ± 5) °C** hőmérsékleten meghatározott ideig kell szárítani. Tömegállandóság állapotába került a kőanyag, amikor az egymást legalább **1 órás** időközökben követő tömegmérések nem térnek el jobban egymástól, mint **0,1 %**.

MSZ EN 1097-2:1998/A1:2007 Kőanyaghalmazok mechanikai és fizikai tulajdonságainak vizsgálata. 2. rész: Az aprózódással szembeni ellenállás meghatározása (Los Angeles vizsgálat)

A vizsgálati mintát légkeveréses szárítószekrényben **(110 ± 5) °C** hőmérsékleten meghatározott ideig kell szárítani. Tömegállandóság állapotába került a kőanyag, amikor az egymást legalább **1 órás** időközökben követő tömegmérések nem térnek el jobban egymástól, mint **0,1 %**.

MSZ EN 1097-3:2000 Kőanyaghalmazok mechanikai és fizikai tulajdonságainak vizsgálata. 3. rész: A halmazsűrűség és a hézagtérfogat meghatározása

A vizsgálati mintát légkeveréses szárítószekrényben **(110 ± 5) °C** hőmérsékleten meghatározott ideig kell szárítani. Tömegállandóság állapotába került a kőanyag, amikor az egymást legalább **1 órás** időközökben követő tömegmérések nem térnek el jobban egymástól, mint **0,1 %**.

MSZ EN 1097-4:2008 Kőanyaghalmazok mechanikai és fizikai tulajdonságainak vizsgálata. 4. rész: A szárazon tömörített kőliszt hézagtérfogatának meghatározása

A vizsgálati mintát légkeveréses szárítószekrényben **(110 ± 5) °C** hőmérsékleten meghatározott ideig kell szárítani. Tömegállandóság állapotába került a kőanyag, amikor az egymást legalább **1 órás** időközökben követő tömegmérések nem térnek el jobban egymástól, mint **0,1 %**.

MSZ EN 1097-5:2008 Kőanyaghalmazok mechanikai és fizikai tulajdonságainak vizsgálata. 5. rész: A víztartalom meghatározása szárítószekrényben való szárítással

A vizsgálati mintát légkeveréses szárítószekrényben **(110 ± 5) °C** hőmérsékleten meghatározott ideig kell szárítani. Tömegállandóság állapotába került a kőanyag, amikor az egymást legalább **1 órás** időközökben követő tömegmérések nem térnek el jobban egymástól, mint **0,1 %**.

MSZ EN 1097-6:2000/A1:2006 Kőanyaghalmazok mechanikai és fizikai tulajdonságainak vizsgálata. 6. rész: A testsűrűség és a vízfelvétel meghatározása

A vizsgálati mintát légkeveréses szárítószekrényben **(110 ± 5) °C** hőmérsékleten meghatározott ideig kell szárítani. Tömegállandóság állapotába került a kőanyag, amikor az egymást legalább **1 órás** időközökben követő tömegmérések nem térnek el jobban egymástól, mint **0,1 %**.

Vízzel való telítés során a kőanyaghalmazt kosárban (24 ± 0,5) óra hosszára (22 ± 3) °C hőmérsékletű víz alá kell meríteni.

MSZ EN 1097-7:2008 Kőanyaghalmazok mechanikai és fizikai tulajdonságainak vizsgálata. 7. rész: A kőliszt anyagsűrűségének meghatározása. Piknométeres módszer

A vizsgálati mintát légkeveréses szárítószekrényben **(110 ± 5) °C** hőmérsékleten meghatározott ideig kell szárítani. Tömegállandóság állapotába került a kőanyag, amikor az egymást legalább **1 órás** időközökben követő tömegmérések nem térnek el jobban egymástól, mint **0,1 %**.

MSZ EN 1367-1:2007 Kőanyaghalmazok termikus tulajdonságainak és időállóságának vizsgálata. 1. rész: A fagyállóság meghatározása

A vizsgálati mintát légkeveréses szárítószekrényben **(110 ± 5) °C** hőmérsékleten meghatározott ideig kell szárítani. Tömegállandóság állapotába került a kőanyag, amikor az egymást legalább **1 órás** időközökben követő tömegmérések nem térnek el jobban egymástól, mint **0,1 %**.

Vízzel való telítés során a mintákat légköri nyomáson, (24 ± 1) órán át kell korrózióálló fémlemezből készített dobozokban, (20 ± 3) °C hőmérsékleten, desztillált vagy ioncserélt vízben tárolni úgy, hogy a víz az egyedi vizsgálati mintákat a teljes 24 óra alatt legalább 10 mm magasan elfedje.

MSZ EN 1925:2000 Természetes építőkövek vizsgálata. A kapilláris-vízfelszívási tényező meghatározása

A próbatesteket légkeveréses szárítószekrényben **(70 ± 5) °C** hőmérsékleten tömegállandóságig kell szárítani. A tömegállandóságot akkor érjük el, amikor a **(24 ± 2) órás** időközökben követő tömegmérések nem térnek el jobban egymástól, mint **0,1 %**.

MSZ EN 1936:2007 Természetes építőkövek vizsgálata. Az anyagsűrűség és a testsűrűség, valamint a teljes és a nyílt porozitás meghatározása

A próbatesteket légkeveréses szárítószekrényben **(70 ± 5) °C** hőmérsékleten tömegállandóságig kell szárítani. A tömegállandóságot akkor érjük el, amikor a **(24 ± 2) órás** időközökben követő tömegmérések nem térnek el jobban egymástól, mint **0,1 %**.

MSZ EN 12370:2000 Természetes építőkövek vizsgálata. Sókristályosodással szembeni ellenállás meghatározása

A próbatesteket légkeveréses szárítószekrényben **(105 ± 5) °C** hőmérsékleten tömegállandóságig kell szárítani. A tömegállandóságot akkor érjük el, amikor a **(24 ± 2) órás** időközökben követő tömegmérések nem térnek el jobban egymástól, mint **0,1 %**.

PÉLDÁUL VISSZAVONT HONOSÍTOTT NEMZETKÖZI SZABVÁNYOKBAN:

MSZ ISO 6274:1993 Beton. Az adalékanyag szitavizsgálata (Visszavonva 2001. november 1-én.)

A mintát tömegállandóságig kell szárítani.
Ezt általában el lehet érni a szárítószekrényben lapos tálcán **(24 ± 4) óra alatt (105 ± 5) °C** hőmérsékleten szárítva.

MSZ ISO 6783:1993 Durva beton-adalékanyag. A szemcsetestsűrűség és a vízfelvétel meghatározása. Hidrosztatikus módszer (Visszavonva 2001. november 1-én.)

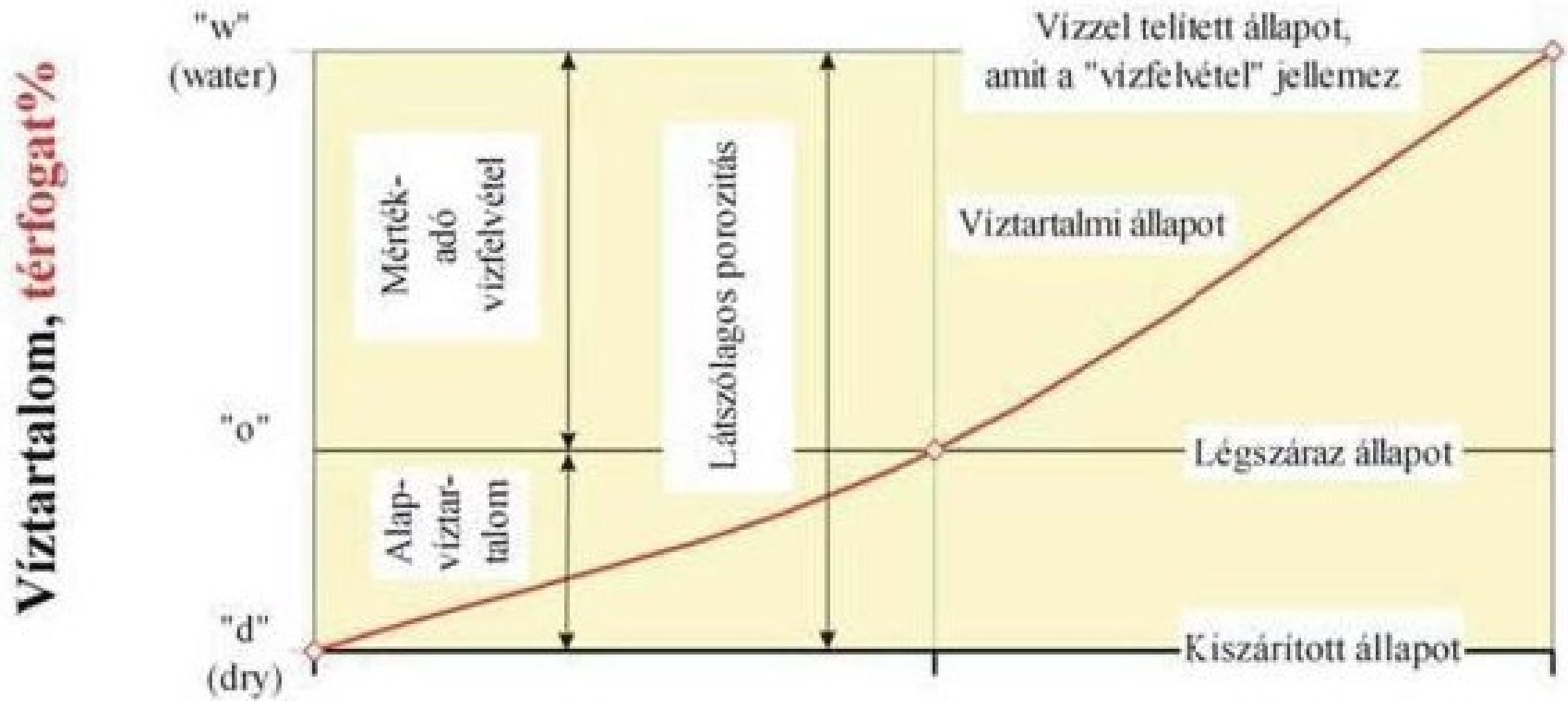
Tegyük az adalékanyagot lapos tálcán **(105 ± 5) °C** hőmérsékletű szárítószekrénybe, és szárítsuk ki tömegállandóságig (ehhez rendszerint **24 óra** szükséges).

A TÖMEGÁLLANDÓSÁG ELÉRÉSÉNEK IDEJÉT BEFOLYÁSOLÓ KÖRÜLMÉNYEK:

- a minta anyaga,
- a minta víztartalma,
- a minta nagysága,
- a szárítószekrény befogadóképessége.

Az összeállítás készült 2010. szeptember 25-én.

Térfogat%-ban kifejezett víztartalmi állapot bemutatása



Látszólagos porozitás $^{térfogat\%}$ = Alapvíztartalom $^{térfogat\%}$ + Mértékadó vízfelvétel $^{térfogat\%}$

VÍZZÁRÓ BETONOK

1. A VÍZZÁRÓ BETONOK KÖRNYEZETI OSZTÁLYAI

A beton a használati élettartam alatt akkor lesz *tartós*, ha a környezeti hatásokat károsodás nélkül viseli. Így a beton, vasbeton, feszített vasbeton szerkezetek építéséhez használt betonkeverékeknek rendeltetésük szerint illeszkedniük kell a környezeti hatásokat leíró környezeti osztályokhoz. A betonkeverékek rendeltetésük szerint akkor illeszkednek a környezeti hatásokat leíró környezeti osztályokhoz, ha összetételük megfelel az x_{max} megengedett legnagyobb víz-cement tényező, a c_{min} megkövetelt cementtartalom, a $Cf_{ck,cyl}/f_{ck,cube,min}$ megkövetelt beton nyomószilárdsági osztály, és a $\rho_{beton,friss,min}$ megkövetelt legkisebb, friss állapotban mért beton testsűrűséget meghatározó $V_{L,max}$ megengedett legnagyobb levegőtartalom határértékének. A vízzáró betonok környezeti osztályainak követelménye az *1. táblázatban* található.

1. táblázat: Környezeti osztályok követelményei

Alkalmazási terület	Környezeti osztály jele	Beton nyomószilárdsági osztálya, legalább	Beton cementtartalma, legalább, kg/m^3	Beton víz-cement tényezője, legfeljebb	Friss beton levegőtartalma, legfeljebb, térfogat% [1]
Vízzáró beton, vasbeton és feszített vasbeton szerkezetek					
vz 60 jelű vízzáró beton	XV1(H)	C25/30	300	0,60	1,0
	Például: Pincefal, csatornafal, mélyalap, áteresz, folyóka, surrantóelem, mederlap, mederburkolóelem, rézsűburkolat, legfeljebb 1 m magas víztároló medence, záportározó, esővízgyűjtő akna				

[1] A friss beton levegőtartalma feszített vasbeton esetén legfeljebb 1,5 térfogat% lehet. Ha a beton újrahasznosított adalékanyaggal készül, akkor a levegőtartalom a táblázatban szereplő értékeknél 0,5 térfogat%-kal nagyobb lehet.

vz 40 jelű fokozottan vízzáró beton	XV2(H)	C30/37	300	0,55	1,0
	Például: Vízépítési szerkezetek, gátak, partfalak, 1 m-nél magasabb víztároló medence, föld alatti garázs, aluljáró külön szigetelőréteg nélkül, földalatti alaptestek, kiegyenlítő lemezek				
vz 20 jelű igen vízzáró beton	XV3(H)	C30/37	300	0,50	1,0
	Például: Mélygarázs, mélyraktár, alagút külön szigetelőréteg nélkül				

Az építési célnak - beleértve a tartósságot is - csak a kellően bedolgozott, megkövetelt tömörségű, zárványmentes beton felel meg, ezért a bedolgozott friss beton levegőtartalmát korlátozni kell. Magyarországon a közönséges friss beton bennmaradt levegőtartalmának (a levegőzárványoknak) tervezési értéke általában legfeljebb 2 térfogat%, a vízzáró betoné legfeljebb 1 térfogat%.

A friss beton levegőtartalmát vagy MSZ EN 12350-7:2000 szabvány szerint lehet megmérni, vagy a bedolgozott friss beton tényleges és tervezett testsűrűségének hányadosából, valamint az összetevők tervezett tömegéből és sűrűségéből, ill. testsűrűségéből lehet számítani.

Az 1 m^3 térfogatú bedolgozott friss beton tényleges levegőtartalma a friss beton tényleges és tervezett testsűrűsége, a beton tervezett cementtartalma, tervezett víz-cement tényezője, tervezett adalékanyag-tartalma, valamint a cement anyagsűrűsége és az adalékanyag testsűrűsége alapján – feltételezve, hogy a beton keverési aránya a tervezettnek megfelel – a következőképpen számítható ki:

$$V_{L,\,test} = 1000 - \frac{\rho_{\,friss\ beton,\ test}}{\rho_{\,friss\ beton}} \cdot \left(\frac{1000 M_C}{\rho_C} + x \cdot M_C + \frac{1000 M_A}{\rho_A} \right) \quad [liter]$$

ahol:

$V_{L,test}$ = a friss beton tényleges levegőtartalma, liter

$\rho_{friss\ beton,\ test}$ = a friss beton tényleges testsűrűsége, kg/m^3

$\rho_{friss\ beton}$ = a friss beton tervezett testsűrűsége, kg/m^3

M_C = a beton tervezett cementtartalma, kg/m^3

x = a beton tervezett víz-cement tényezője

$M_V = x \cdot M_C =$ a keverővíz tervezett tömege, kg/m^3

M_A = a beton tervezett adalékanyag-tartalma, kg/m^3

ρ_C = a cement anyagsűrűsége, kg/m^3

ρ_A = az adalékanyag keverék szemeinek súlyozott testsűrűsége kiszárított állapotban, kg/m^3:

$$\rho_A = \frac{1}{\left(\frac{\alpha}{\rho_\alpha} + \frac{\beta}{\rho_\beta} + \frac{\gamma}{\rho_\gamma} + \ldots \right)} \qquad [kg/m^3]$$

ahol:

$\alpha, \beta, \gamma \ldots$ = az adalékanyag keveréket alkotó frakciók tömegaránya, 0 és 1 közé eső nevezetlen szám

$\rho_\alpha, \rho_\beta, \rho_\gamma \ldots$ = az adalékanyag keveréket alkotó frakciók szemeinek átlagos testsűrűsége kiszárított állapotban, kg/m^3

A ρ_A súlyozott testsűrűséget kell használni az adalékanyag keverékre akkor is, ha annak természetes adalékanyag frakciói különböző kőzetfajtájúak (például homok, kavics, mészkő, andezit vagy bazalt zúzottkő stb.).

Például az M_C = 300 kg/m^3 tervezett cementtartalmú, x = 0,5 tervezett víz-cement tényezőjű, M_A = 1936 kg/m^3 tervezett adalékanyag-tartalmú, bedolgozott állapotban $\rho_{\text{friss beton}}$ = 2386 kg/m^3 tervezett és $\rho_{\text{friss beton, test}}$ = = 2398 kg/m^3 tényleges testsűrűségű friss beton tényleges levegőtartalma, ha a cement anyagsűrűsége ρ_C = 3100 kg/m^3, és az adalékanyag keverék testsűrűsége ρ_A = 2640 kg/m^3:

$$V_{L,\,test} = 1000 - \frac{2398}{2386} \cdot \left(\frac{1000 \cdot 300}{3100} + 0{,}5 \cdot 300 + \frac{1000 \cdot 1936}{2640} \right) =$$

$$= 1000 - 1{,}005 \cdot (96{,}77 - 150 - 733{,}33) = 15{,}0 \quad [liter]$$

$$V_{L,\,test}{}^{\%} = 100 \frac{V_{L,\,test}}{1000} = 1{,}5 \quad [térfogat\ \%]$$

ahol:

a cement által elfoglalt tervezett térfogat: $V_C = 300/3{,}1 = 96{,}77$ liter,

a víz által elfoglalt tervezett térfogat: $V_V = 150$ liter,

az adalékanyag által elfoglalt tervezett térfogat: $V_A = 1936/2{,}64 = 733{,}23$ liter,

a betonösszetevők által elfoglalt tervezett térfogat: $V_C + V_V + V_A = 980{,}1$ liter,

a tervezett levegőtartalom $V_L = 19{,}9 \rightarrow 20$ liter, azaz 2,0 térfogat%,

a betonösszetevők által ténylegesen elfoglalt térfogat:

$1{,}005 \cdot (V_C + V_V + V_A) = 984{,}9$ liter,

a tényleges levegőtartalom: $15{,}1 \rightarrow 15$ liter, azaz 1,5 térfogat %,

összesen:

$V_C + V_V + V_A + V_L = (\rho_{friss\ beton,\ test} / \rho_{friss\ beton}) \cdot (V_C + V_V + V_A) + V_{L,test} = 1000$ liter,

a tényleges cementtartalom: $(\rho_{friss\ beton,\ test} / \rho_{friss\ beton}) \cdot V_C = 1{,}005 \cdot 300 = 301{,}5$ kg/m^3.

Ha a beton nyomószilárdságának ellenőrzésére készített *bedolgozott friss beton próbatestek átlagos testsűrűsége* a bennmaradt levegőtartalom (levegőzárványok) miatt a tervezett testsűrűségnél kisebb, akkor ezeket nem szabad a szilárd beton nyomószilárdsági követelményeinek az igazolásához felhasználni. Közönséges beton esetén *a bedolgozott friss beton próbatestek egyedi testsűrűségének* a tervezett testsűrűségnél legfeljebb 30 kg/m^3-rel szabad kisebbnek lennie. Minden 1 % testsűrűség hiány 10 liter/m^3 többletlevegőt, azaz a tervezetthez képest +1 térfogat% levegőzárványt jelent. Minden +1 térfogat% levegőtartalom 4-5 % nyomószilárdság csökkenést okoz, ezért a megfelelő betonösszetétel, konzisztencia és tömörítési módszer a betonkészítés alapvető

követelménye. A nyomószilárdság vizsgálati, egy vagy több *megszilárdult beton próbatest alkotta minták testsűrűségének terjedelme ne legyen nagyobb átlaguk 3 %-ánál*. E feltételeknek meg nem felelő friss és megszilárdult beton próbatesteket a nyomószilárdság vizsgálati eredmények értékelésébe nem szabad bevonni.

Megjegyezzük, hogy a betont általában egyidejűleg több környezeti hatás éri, ilyenkor a környezeti hatás követelményét a környezeti osztályok kombinációjaként kell kifejezni. Például valamely esőnek és fagynak kitett, olvasztó sózás nélküli, agresszív talajvízzel érintkező vasbeton támfal légbuborékképző adalékékszer nélkül, szulfátálló cementtel készülő betonjának környezeti osztály csoportja: XC4, XF1, XA2, XV1(H) (*2. táblázat*).

2. táblázat: Példa a környezeti osztály csoport követelményére

Környezeti osztály jele	Beton nyomó-szilárdsági osztálya, legalább	Beton cement-tartalma, legalább, kg/m^3	Beton víz-cement tényezője, legfeljebb	Friss beton levegőtartalma, legfeljebb, térfogat%
XC4	**C30/37**	300	**0,5**	2
XF1	**C30/37**	300	0,55	2
XA2	**C30/37**	**320**	**0,5**	2
XV1(H)	C25/30	300	0,6	**1**
Mértékadó követelmény	***C30/37***	***320***	***0,5***	***1***

Az erőtani számítás eredménye alapján megállapított nyomószilárdsági osztály és a környezeti feltételek alapján megkövetelt legkisebb nyomószilárdsági osztály eltérő lehet. A kettő közül a nagyobb nyomószilárdsági osztályt kell mértékadónak tekinteni, és az ehhez tartozó víz-cement tényezőt, cementtartalmat, a megengedett levegőtartalom megszabta megkövetelt testsűrűséget kell a betongyártáshoz követelményként elfogadni. Ezek az elfogadott értékek elégítsék ki a vonatkozó környezeti osztályok követelményeit is.

2. VÍZZÁRÓ BETONOK JELLEMZÉSE ÉS TULAJDONSÁGAI

Az építőipari gyakorlatban a beton vízzáró képességét szokás úgy jellemezni, hogy vízzáró az a betonszerkezet, amely annyi vizet enged át, amennyi a védendő, a víznyomással ellentétes oldal felületéről természetes körülmények között elpárolog. Ez a jellemzés a megvalósult szerkezetre nézve helytálló lehet, de a beton vízzáró képességére nem ad teljes értékű, egyértelmű meghatározást (*Dombi* 1969).

Dombi József (1969) javaslatot tett a vízzáróság talajmechanikából ismert *Darcy*-féle törvényen alapuló jellemzésére, mert a beton felfogható úgy is, mint mesterségesen előállított szűrő, hiszen alkotóanyagai – áramlástani szempontból – azonosak vagy közel azonosak az egyes talajfélékkel, így a *Darcy*-féle törvény a betonok esetében is alkalmazható. A *Darcy*-féle törvény a természetes szűrőkön átfolyó vízmennyiség meghatározására szolgál: „Valamely állandó keresztmetszetű szűrőn átfolyó vízmennyiség (Q) arányos a keresztmetszeti felülettel (F), a nyomómagassággal (h), a szürőanyagot jellemző értékkel (k), és fordítva arányos a szűrőrétegben a megtett út hosszával (ℓ), vagyis a szűrőréteg vastagságával”:

$$Q = k \cdot F \cdot h/\ell$$

A „k vízáteresztő képességi tényező” az a sebesség, amellyel a víz időegység alatt, egységnyi szűrőfelületen, adott vízoszlopnyomás mellett átfolyik.

A „k” tényezővel meghatározható a beton falán áthaladó víz mennyisége, tehát segítségével a vízzáróság fogalmát pontos számszerű értékek közé lehet szorítani. Ezen értékek alapján – a beton vízzáróságának jellemzésére – három vízzárósági fokozat ismeretes:

fokozottan vízzáró: $k = 10$ g/(24 óra · dm^2)
vízzáró: $k = 20$ g/(24 óra · dm^2)
gyengén vízzáró: $k = 40$ g/(24 óra · dm^2)

A beton „k” tényezőjének megállapítása számtalan vizsgálati problémát vet fel (*Dombi* 1969).

Az egykori MSZ 4719:1958 szabvány szerint „valamely (B jelű közönséges vagy BS jelű súlyos) betonfajta vízzárósága annak a víznyomásnak att-ban kifejezett értéke, amelynek 48 óráig tartó hatására e betonfajtán az MSZ 4715:1955 szerint végrehajtott vizsgálattal a megfigyelő felületen nedvesség nem mutatkozik, és a víz legfeljebb a próbatest vastagságának egyharmadáig hatol be”. (Ez a meghatározás 200·200·120 mm méretű próbatest esetén 40 mm-t, 400·400·200 mm méretű próbatest esetén 67 mm-t jelent, tehát nehezen értelmezhető.) A vizsgálatnál 1, 2, 4, 8 att nyomásfokozatokat alkalmaztak, és a beton vízzáróságát a vizsgálat eredményétől függően 1 att, 2 att, 4 att vagy 8 att jellel jelölték.

Az ME-19-63:1964 műszaki előírás a vízzáróságot az MSZ 4719:1958 szabvánnyal lényegében azonos módon határozta meg, de részletesebben tárgyalta:

„A vízzáró beton nem vízhatlan; vízzel nem érintkező felületei – párolgási lehetőség hiányában – a legtökéletesebb kivitel esetén is nedvesek lehetnek.

Gyakorlati szempontból a vízzárás mértéke szerint megkülönböztetünk:

- mérsékelten vízzáró beton (esetleg vakolt beton) szerkezetet, melynek 1 m^2 felületén legnagyobb üzemi víznyomás esetén 24 óra alatt legfeljebb 0,4 liter víz szivárog át;
- vízzáró beton (esetleg vakolt beton) szerkezetet, melynek 1 m^2 felületón legnagyobb üzemi víznyomás esetén 24 óra alatt legfeljebb 0,2 liter víz szivárog át. Szabadban vagy jól szellőzött helyiségben ez a víz általában elpárolog a felületről. Az ilyen beton vagy. vasbetonszerkezet vízmedencék, víztornyok készítéséhez alkalmazható, ahol az ilyen mértékű vízveszteség általában megengedhető;
- különleges vízzáró beton (esetleg vakolt beton) szerkezetet, melynek 1 m^2 felületén legnagyobb üzemi víznyomás esetén. 24 óra alatt legfeljebb 0,1 liter víz szivárog át.

A vízzáró beton készítésére vonatkozó részletes irányelveket a MI-8:1954 műszaki előírás tartalmazza.”

Az ME-19-63:1964 műszaki előírás foglalkozott a vízzáró betonok alkotóanyagaival, összetételével, készítésével, jelölésével is. Például a 400 kp/cm^2 (40 N/mm^2) nyomószilárdságú, 30 mm legnagyobb szemnagyságú, földnedves konzisztenciájú, 4 att víznyomást kiálló betont így jelölték: „B 400 – 30/1, 4 att-ra vízzáró”.

Az MSZ 4719:1958 szabványhoz hasonlóan adta meg a beton vízzáróságának fogalmát az MSZ 15033:1964 R szabvány is: Vízzáró „az a beton, amelyen az MSZ 4715 szerint végrehajtott vízzárósági vizsgálat során a megfigyelő felületén nedvesség nem mutatkozik, és a víz legfeljebb a próbatest vastagságának egyharmadáig hatol be.”

Az MSZ 4719:1977 szabvány a vízzáróságot az MSZ 4719:1958 szabvánnyal azonos módon értelmezte, de az 1, 2, 4, 8 att nyomásfokozatnak ellenálló vízzáró betonok jelölésére bevezette a vz 1, vz 2, vz 4 és vz 8 jelet.

A vízzárósági fokozatok 1982-ben valamelyest változtak, az
MSZ 4719:1982 szabvány a vz 2, vz 4, vz 6 és vz 8 vízzárósági fokozatokat ismerte 40 mm-es vízbehatolási minősítési értékkel, amely fokozatok hazánkban az új szabványok (MSZ EN 12390-8:2001 és MSZ 4798-1:2004) megjelenéséig voltak érvényben.

A vízzáró betonok megfelelőségi feltételeit és vizsgálati módját az MSZ EN 206-1:2002 európai szabvány nem adja meg, csak annyit említ, hogy a vizsgálati módszerben és a megfelelőségi feltételekben az előírónak (a beton műszaki feltételeit meghatározó személy vagy szervezet) és a gyártónak meg kell egyeznie. Ezért a hazai gyakorlatban követendő alkalmazási követelményeket az MSZ 4798-1:2004 szabvány írja elő. A vízzáró betonoknak alkalmazási céljuktól függően ki kell elégíteniük a fenti *1. táblázatban* szereplő környezeti osztályok szerinti követelményeket.

A vízzáróság vizsgálatát az MSZ EN 12390-8:2001 szabvány 8.10. szakaszában leírt módon kell elvégezni. A vízzáró betonokat a vízzáróság vizsgálat eredménye alapján vz 60, vz 40 vagy vz 20 jelű vízzárósági osztályba kell sorolni.

A MÉASZ ME-04.19:1995 műszaki előírás értelmében a vízzáró betonokhoz CEM I és CEM II/A fajtájú, MSZ EN 197-1:2000 szabvány szerinti általános felhasználású (közönséges) portlandcementeket és ugyan ilyen fajtájú MSZ 4737-1:2002 szabvány szerinti különleges (szulfátálló) portlandcementeket szabad felhasználni.

Az adalékanyag folyamatos szemmegoszlású legyen, szemmegoszlási görbéje a „B" határgörbe közelében haladjon, a 0,25 mm alatti finomrésztartalma (cement és homok együtt) feleljen meg a *3. táblázat* ajánlásának, a homokrészt lehetőleg két frakcióból (0-1 mm és 1-4 mm) kell összeállítani. Az adalékanyag 0-4 mm szemnagyságú homoktartományában az MSZ 18288-2:1984 szabvány 9. fejezete szerinti térfogatos ülepítéssel meghatározott agyag-iszap tartalom megengedett értéke 6 térfogat%.

3. táblázat: Vízzáró beton megkövetelt 0,25 mm alatti finomrésztartalma (MÉASZ ME-04.19:1995)

Legnagyobb szemnagyság mm	Vízzáró beton megkövetelt 0,25 mm alatti finomrésztartalma (cement és homok együtt) kg/m^3	
	Légbuborékképző adalékszer nélkül	Légbuborékképző adalékszerrel, ha a beton egyidejűleg fagyálló (az XF2, XF3, XF4 környezeti osztályba tartozik)
8	525	470
12	485	435
16	450	400
24	415	370
32	380	340
48	350	320
63	320	290
Megjegyzés: A cementtartalom megtervezésekor tekintettel kell lenni a környezeti osztály követelményére is (*1. táblázat*).		

Vízzáró betonok készítése során hasznos a tömítő, a képlékenyítő, a folyósító adalékszerek alkalmazása. Ha a beton kötéskésleltető adalékszert tartalmaz, akkor a friss beton kötés előtti repedéseinek megszüntetését utóvibrálással meg lehet kísérelni.

A puccolános jellegű tömítőanyagoknak (például a pernye és a kohósalak) általában jobb hatásuk van a kész beton tulajdonságaira, mint a tömítő adalékszereknek. Ennek ellenére a tömítő adalékszereknek van egy előnye: míg a tömítő adalékszereket a cement tömegére számított 2-3 %-ot kell adagolni, addig a cement tömegének kb. 1/5-öd részét kitevő puccolános tömítőanyagokat teljesen „cementszerűen" kell az építéshelyen kezelni, és külön összetevőként a betonkeverőbe adagolni (*Dombi* 1969).

A vízzáróságfokozó (tömítő) adalékszerek csökkentik a beton vízfelvételét és a víz betonba való behatolásának mélységét. A szilikáttartalmú vízzáróságfokozó adalékszerek reakcióba lépnek a cement hidratációs termékeivel, aminek hatására kapillárporozitást csökkentő hidro-szilikátok keletkeznek. Ennek ellenére víznyomás hatására vízfelvétellel kell számolni. Alkalmazásuk feltétele, hogy a beton eleve vízzáró és kis vízfelvételű betonnak készüljön. Vízzáróságfokozó adalékszerrel nem lehet a rossz összetételű és rosszul tömörített betont vízzáróvá tenni. A vízzáróságfokozó adalékszerek növelhetik a beton levegőtartalmát, ezáltal csökkenthetik a betonszilárdságot, és növelhetik a zsugorodást.

Az MSZ EN 934-2:2002 szerinti követelmények a vízzáróságfokozó adalékszerekre a referencia-betonhoz viszonyított kapilláris vízfelszívás 7 napos utókezelést követően 7 napig, és 90 napos utókezelést követően 28 napig vizsgálva; a referencia-betonhoz viszonyított friss beton levegőtartalom; a referencia-betonhoz viszonyított nyomószilárdság 28 napos korban.

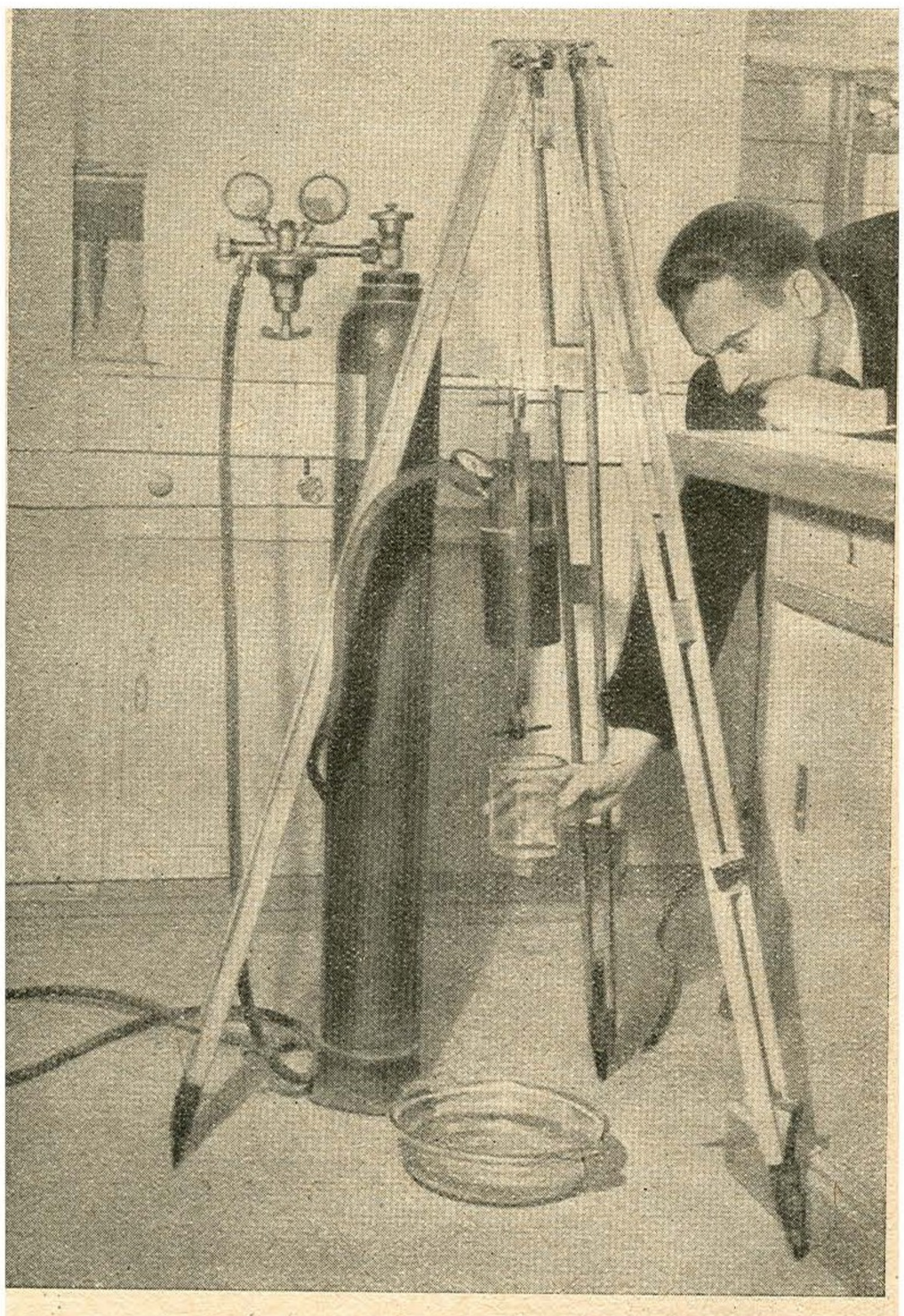
A beton konzisztenciája földnedves vagy kissé képlékeny, mégis jól bedolgozható és szétosztályozódás mentes legyen. Betonozni folyamatosan kell, az előírt betontakarást (MSZ 4798-1:2004) biztosítani kell. Az utókezelést a bedolgozott friss beton kötése (dermedése) után azonnal meg kell kezdeni, és legalább 14 napon át megszakítás nélkül folytatni kell, nem szabad megengedni, hogy a felület kiszáradása

megkezdődjék. A szilárduló betont az utókezelés tartama alatt védeni kell a közvetlen napsugárzástól és az erős széltől. (MÉASZ ME-04.19:1995)

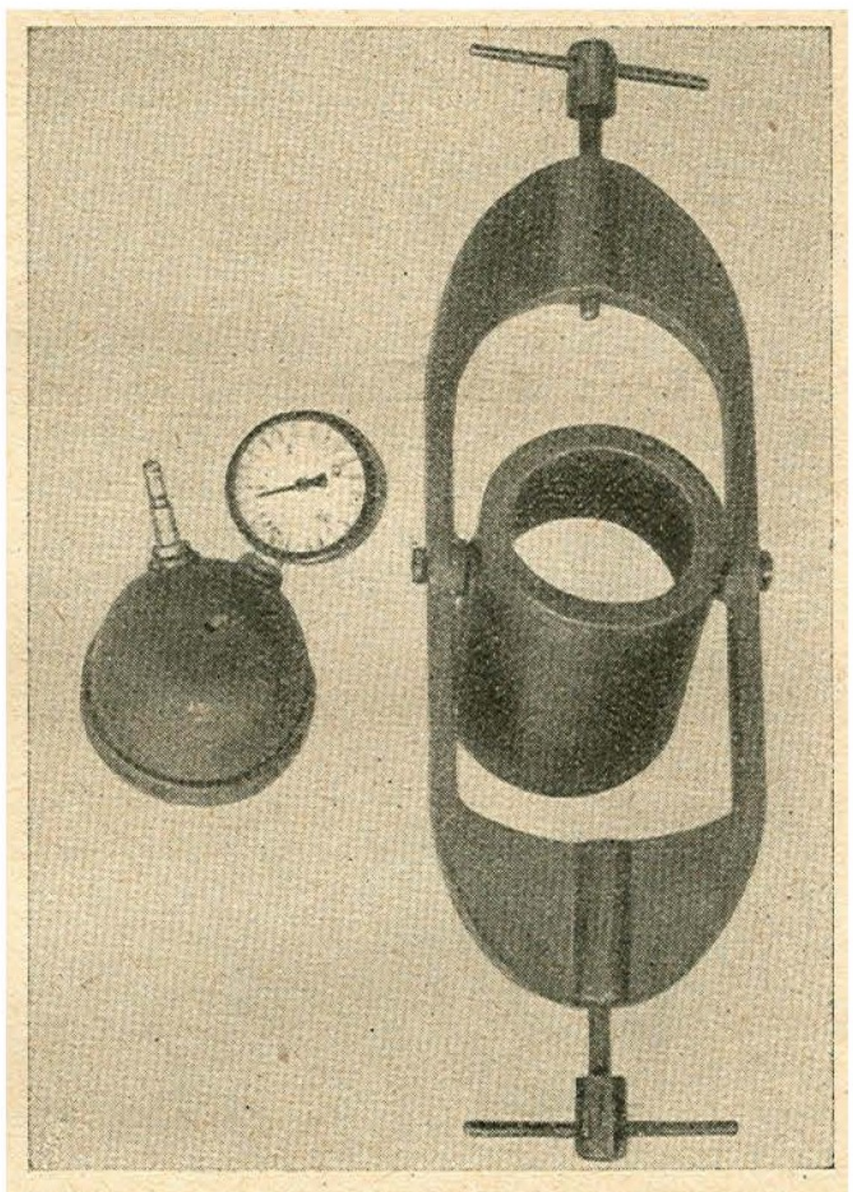
A vízzáró betonok alkalmazásának vízépítési műtárgyak, medencék, tartályok készítésén túl fontos területe az előregyártott gravitációs és nyomócsövek gyártása. A beton, vasbeton és feszített vasbeton csöveket döngöléssel, sajtolással, vibrálással, pörgetéssel (centrifugálással), illetve ezek kombinációjával, például vibrosajtolással (pl. Rocla, Sentab), pörgetéses-vibrálásos-görgőhengerléssel (pl. Siome) állítják elő.

3. VÍZZÁRÓSÁG VIZSGÁLAT

A vízzáróság vizsgálattal kapcsolatban érdemes felidézni *Pogány Béla* (krakkói műszaki egyetemi tanár) 1957-ben megjelent könyvének két ábráját, amelyeken azt látni, hogy – ellentétben egykori hazai előírásainkkal és a mai európai vizsgálati szabvánnyal – a víznyomás a henger alakú próbatest teljes felületére hat, és ezért a vízáram egyenes irányú (*1. ábra*).



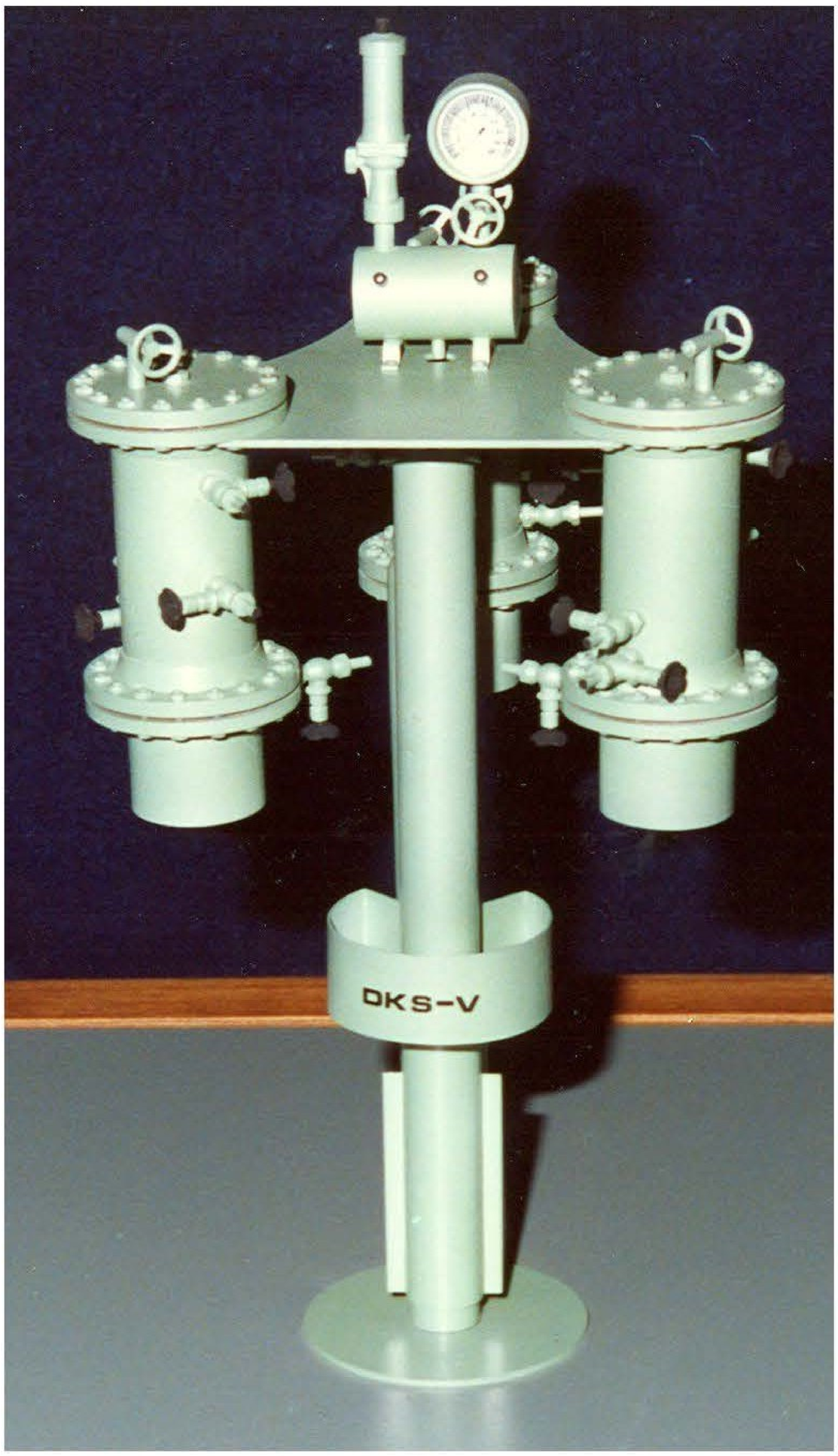
5. ábra. Beton vízzáróságát vizsgáló berendezés és tartozékai



6. ábra. A vízzárósági próbatest elhelyezése

1. ábra: *Pogány Béla* vízzáróság vizsgáló berendezése (1957)

Dombi József az 1969-ben hasonló elven készített vízzáró berendezést, amelynek makettjét a *2. ábrán* mutatjuk be.

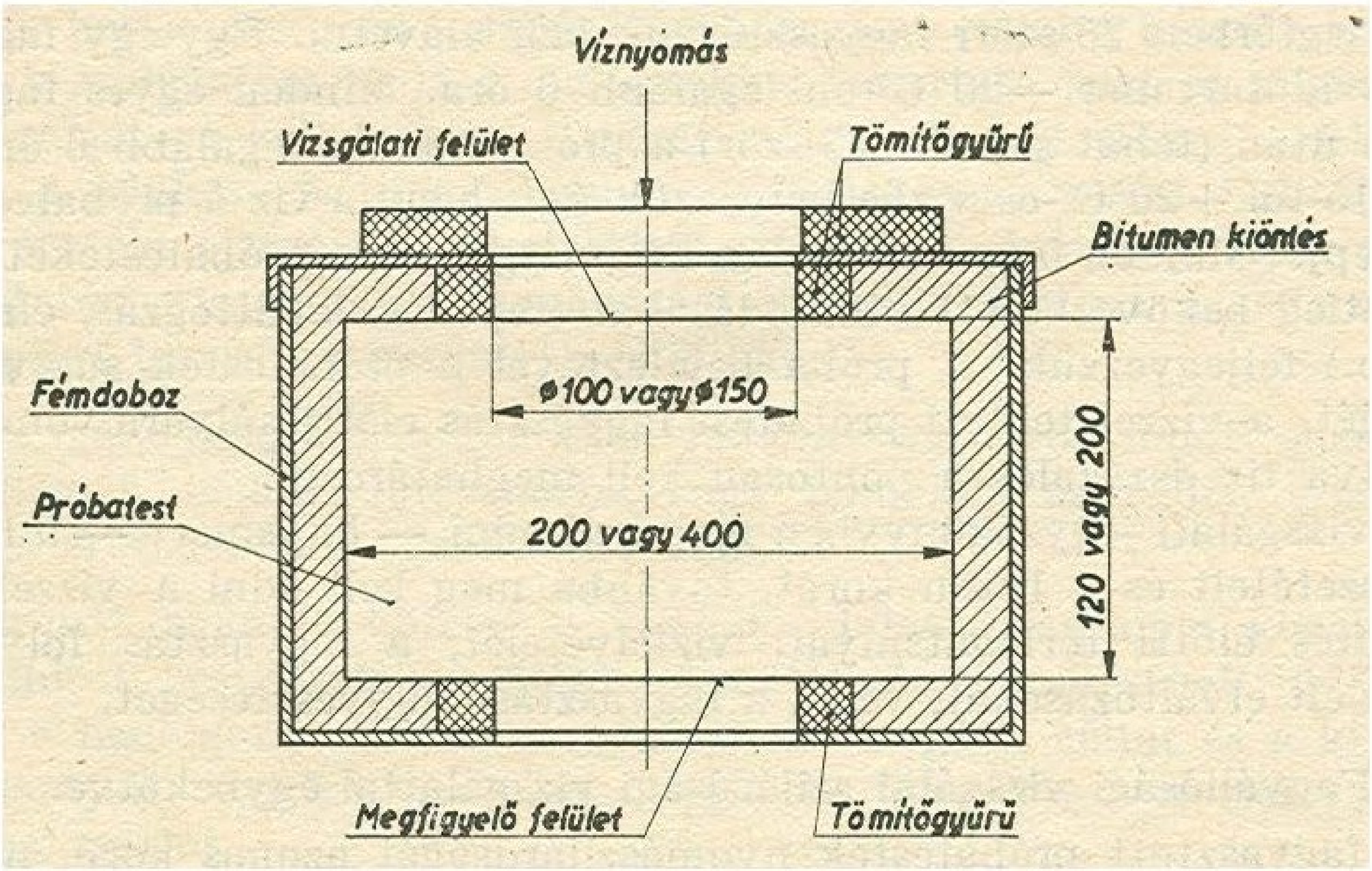


2. ábra: *Dombi József* vízzáróság vizsgáló berendezésének makettje (1969)

A prototípus elkészítése *Sarkadi István* műszerész kolléga (SZIKKTI) munkáját dícséri.

A vízzáróságot egykor az MSZ 4715:1955 szabvány szerint vizsgálták. A 40 mm-nél nem nagyobb legnagyobb szemnagyságú betonok vízzáróság vizsgálatát 200·200·120 mm méretű próbatesteken végezték. A 48 óránként növelt 1, 2, 4, 8 att víznyomást 100 mm átmérőjű körfelületen működtették. (Ezeket a nyomásfokozatokat az eredeti előírást megváltoztatva a később megjelent MSZ 4719:1958 szabványban írták elő, de az MSZ 4715:1961 szabványban nem vezették át.) A 24 órás korban kizsaluzott, vizsgálati oldalán drótkefével felérdesített próbatestet legalább 28 napos korig (a vizsgálat megkezdéséig) nedves ruhával letakarva, 20±3 °C hőmérsékleten, léghuzatmentes helyen tárolták.

Ha az építmény betonjának tárolási körülményei eltértek ettől az előírástól (pl. hőszilárdítás esetén), akkor az építménynél alkalmazott módon kezelték és tárolták a próbatesteket. A vizsgálat megkezdése előtt a próbatestet fémdobozba helyezték, a próbatest és a doboz fala közötti hézagot tömítették (*3. ábra*). A vizsgálattal azt a víznyomást határozták meg, amelynél a megfigyelő felületen nedvesség mutatkozott, és vízáteresztés esetén minden nyomási fokozatban mérték az átszivárgott vízmennyiséget g/cm^3-ben. Az MSZ 4715 szabvány 1961 évi kiadása a vízzáróság tekintetében az 1955 évi kiadással szó szerint megegyezik.



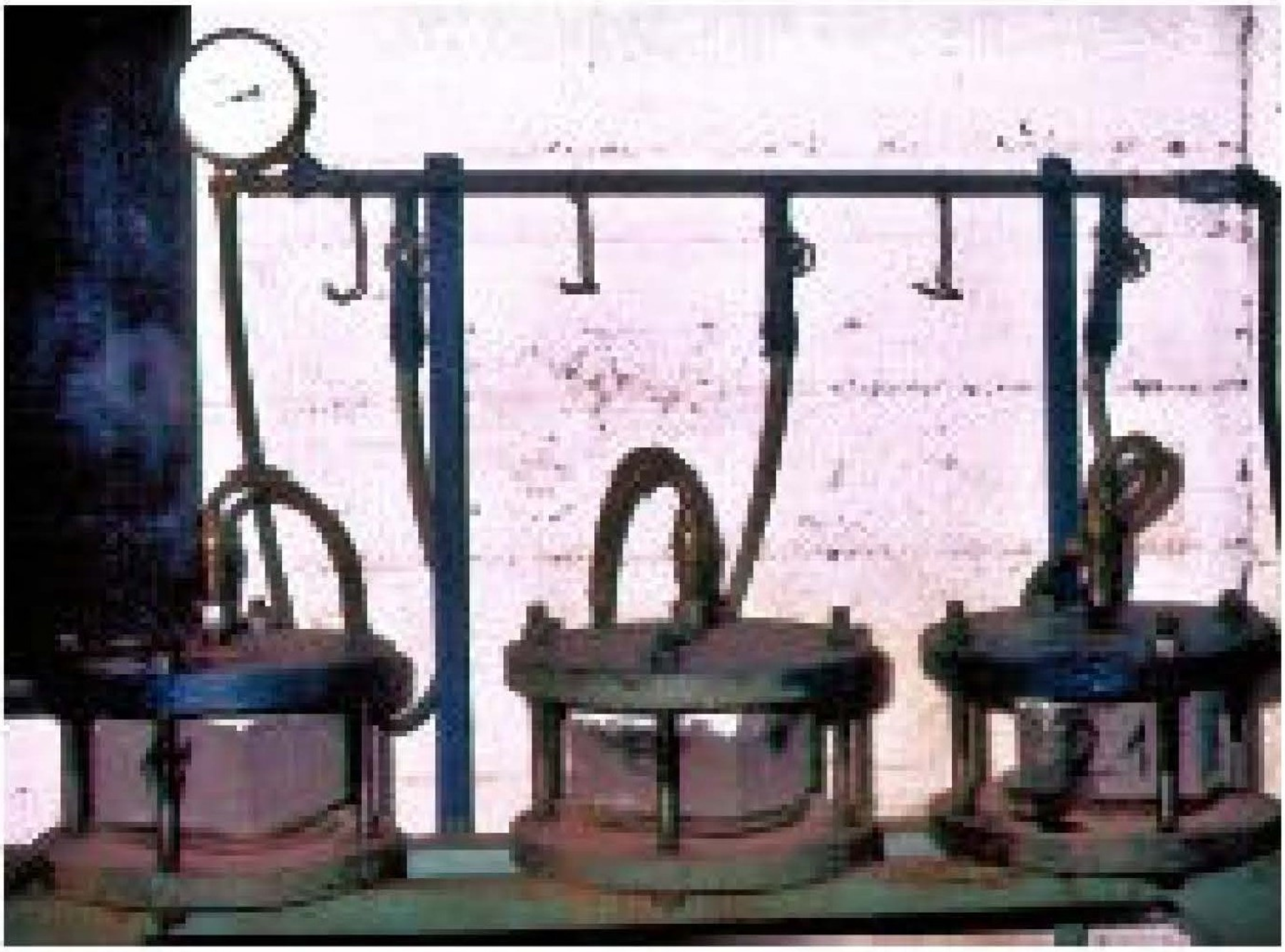
3. ábra: Vízzáróság vizsgálati próbatest helyzete az MSZ 4715:1955 és MSZ 4715:1961 szabvány szerinti vízzáróság vizsgáló berendezésben

A vízzáróság vizsgálata az MSZ 4715-3:1972 szabvány szerint lényegében azonos az MSZ 4715:1961 szabványban leírt módszerrel, de az MSZ 4715-3:1972 szabvány a legfeljebb 32 mm legnagyobb szemnagyságú betonok esetére megengedi a 150 mm átmérőjű és 120 mm magas próbahengerek vizsgálatát is. A próbatesteket a korábbi előírásokkal ellentétben nem helyezik fémdobozba, hanem két fej közé szorítják (*4.* és *5. ábra*).

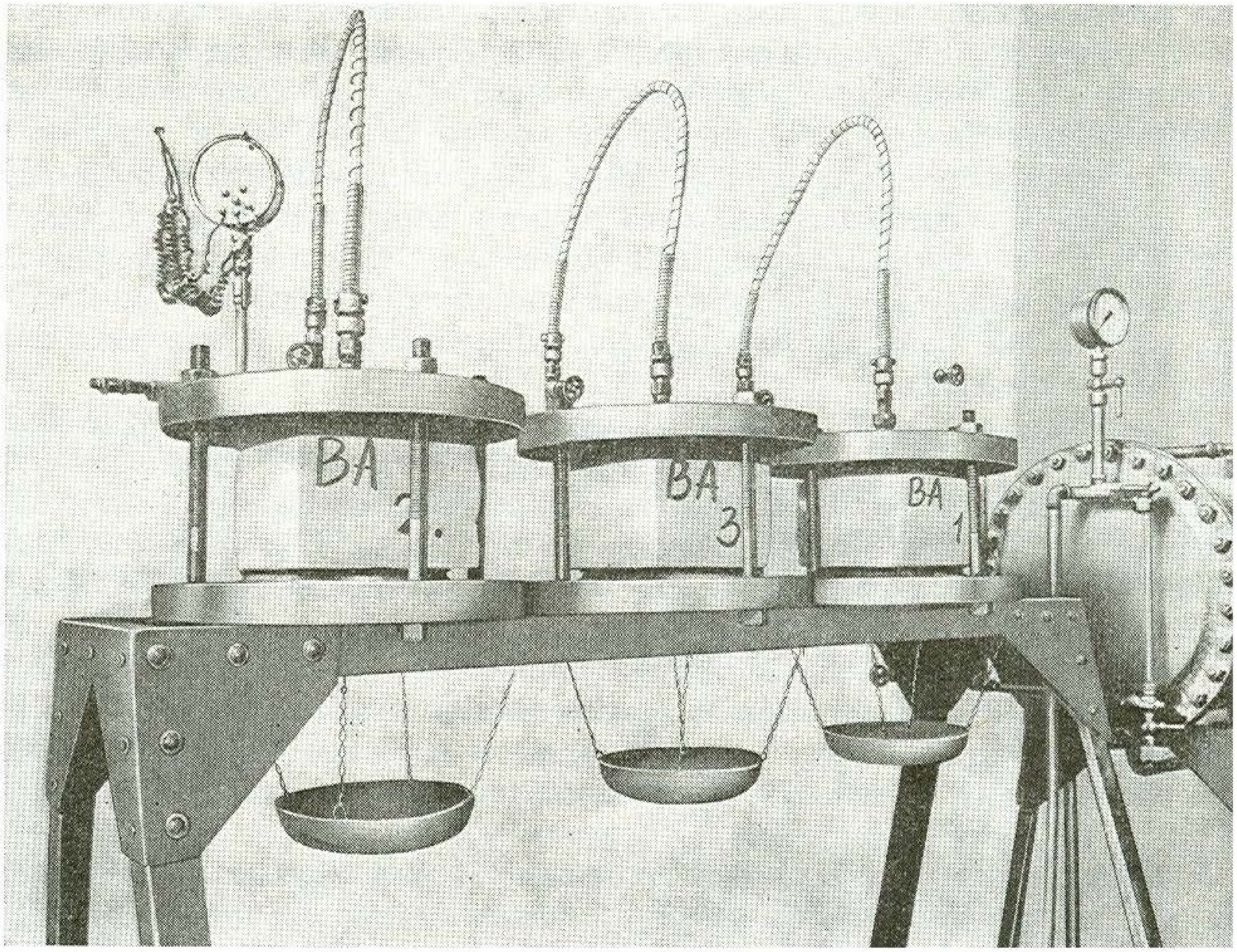
Az MSZ 4715-3:1972 szabvány szerint „a próbatesteket 48 órán át 10 N/cm^2 (1 bar = 1 att), ezt követően 24 óránként – a nedves folt megjelenéséig – megkétszerezve 20, 40, 80, 160 N/cm^2 (2, 4, 8, 16 bar) túlnyomásnak kell alávetni. Az előírt nyomásfokozatokat – a nyomókamrában mérve – ± 3% pontossággal kell betartani.

Óránként ellenőrizni kell a vízfogyasztást, és meg kell vizsgálni, hogy a próbatest alsó felületén észlelhető-e nedves folt.

A nedves folt megjelenésekor az alsó gyűjtőedényt, ha az eddig nem volt felszerelve, vízzáróan a próbatest vízzáró burkához kell rögzíteni. A nedves folt megjelenésekor ható nyomást további 24 órán át kell működtetni, és a vízfogyasztást a nedves folt megjelenésétől számított 2, 6, 12, 18 és 24 óra múlva kell a vízmérőkön leolvasni.



4. ábra: MSZ 4715-3:1972 szabvány szerinti vízzáróság vizsgáló berendezés



5. ábra: Fénykép *Palotás László*: Általános anyagismeret c. könyvéből (1979)

Az MSZ 4715-3:1972 szabvány szerint a vizsgálat befejezése után az alsó vízgyűjtő edényben levő vizet a próbatest alsó felületéről hozzácseppentett vízcseppekkel együtt 0,1 g pontosságra kell megmérni.

A próbatestet a vizsgálat után a víznyomás irányával párhuzamosan (lehetőleg középen) azonnal el kell hasítani az MSZ 4715-4 szerint. Meg kell figyelni a hasított felületen a próbatest belsejének állapotát és a nedvesített felület alakját.

Ha a vizsgálat folyamán a legnagyobb nyomásfokozatnál sem keletkezett vízátszivárgás, akkor ezt a fokozatot 24 órán át kell működtetni a próbatestre, azután az előző bekezdésben leírtaknak megfelelően el kell hasítani és meg kell határozni a nedvesített felület alakját és nagyságát."

Az MSZ 4719:1982 szabvány melléklete a vízzáróság vizsgálatot az MSZ 4715-3:1972 szabványhoz nagyon hasonlóan szabályozza, eltérés

azonban, hogy a vizsgálatot 2, 4, 6 és 8 bar nyomáson végezteti el. Az MSZ 4715-3:1972 szabvány és az MSZ 4719:1982 szabvány melléklete szerinti vízzárósági vizsgálatot MSZ EN 12390-8:2001 szabvány szerinti vizsgálat váltotta fel (*6. ábra*).

6/a. ábra: Korszerű vízzáróság vizsgáló berendezés

6/b. ábra: A 6/a. ábra szerinti vízzáróság vizsgáló berendezés teljes fényképe

A beton vízzáróságát az MSZ EN 12390-8:2001 szabvány szerint, legalább 28 napos korú, végig víz alatt tárolt próbatesten, 75 mm átmérőjű körfelületen 72 ± 2 órán át ható 5 bar (0,5 ± 0,05 MPa) állandó víznyomáson kell vizsgálni. A próbatest víznyomásra merőleges, felérdesített oldalának hossza vagy átmérője legalább 150 mm, magassága legalább 100 mm legyen, következésképpen a vizsgálatot a Magyarországon szokásos 200·200·120 mm méretű próbatesten is el szabad végezni, de ugyanígy alkalmas a 150 mm élhosszúságú szabványos próbakocka is.

Ha a próbatest mérete 200·200·120 mm, akkor 100 mm átmérőjű körfelületen is szabad az 5 bar víznyomást alkalmazni, de ebben az esetben a vizsgálati jegyzőkönyvben a próbatest méretét és a vízzel nyomott körfelület átmérőjét is meg kell adni.

Magyarországon szabad a vízzárósági próbatestet vegyesen, azaz 7 napos korig víz alatt, utána laborlevegőn tárolni - ha ebben előzetesen írásban megállapodás születik -, de ebben az esetben a vizsgálati jegyzőkönyvben a tárolás módját (vegyesen tárolva) is meg kell adni. Ha a beton lassabban szilárduló cementtel készült (CEM II), akkor csak a víz alatt tárolt próbatestek vizsgálati eredményeit szabad mértékadónak tekinteni.

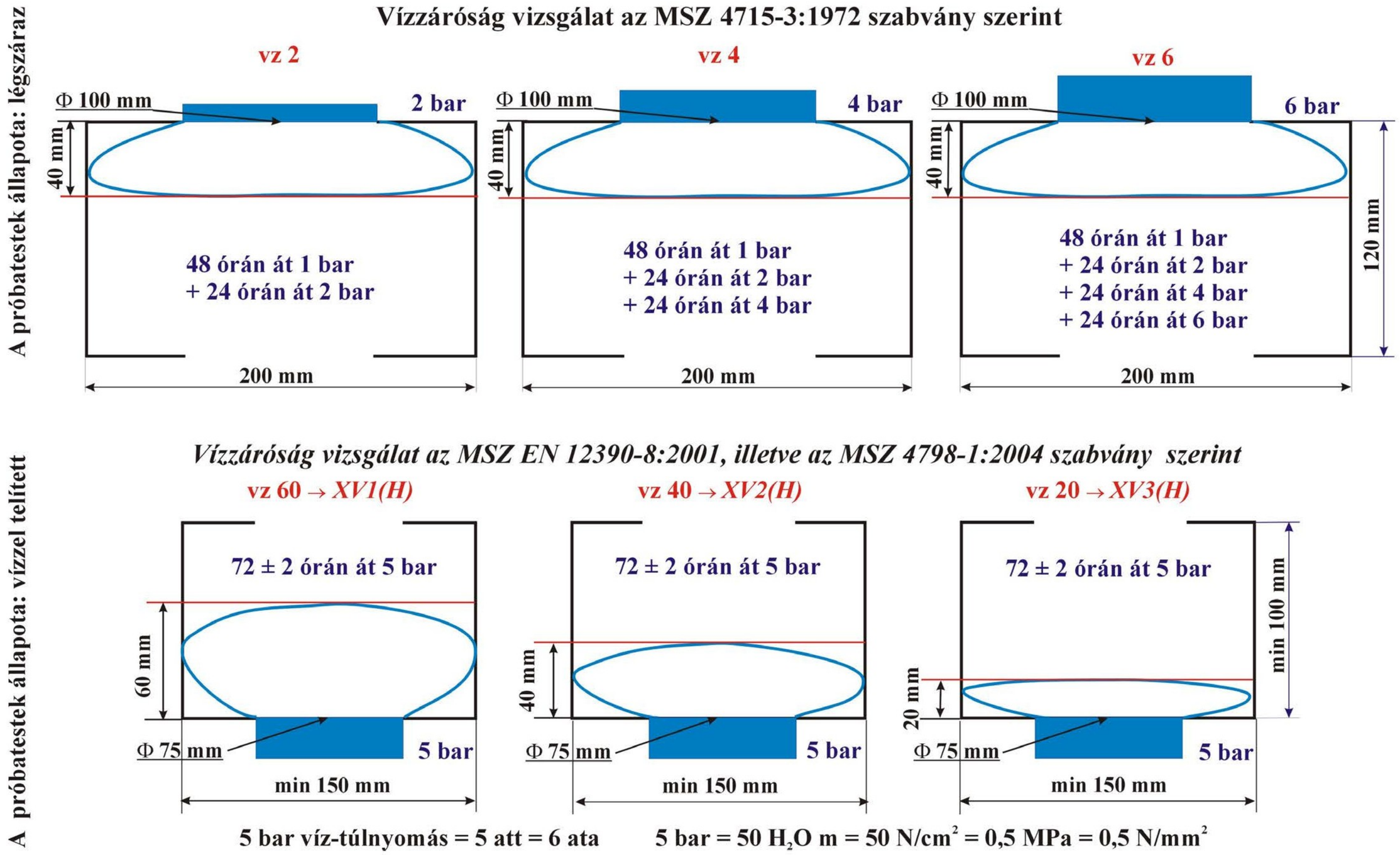
A vízzáróság vizsgálathoz 100 m^3 beton-térfogatonként legalább 1 db, de tételenként legalább 3 db próbatestet kell készíteni vizsgálatonként.

A beton vízzáróságának követelményét az MSZ 4798-1:2004 szabvány 5.5.3. szakasza tárgyalja.

A beton vízzárósága a tárolási módtól függetlenül akkor megfelelő, ha a vizsgálat eredményeként minden egyes próbatesten a vízbehatolás mélysége:

- XV1(H) környezeti osztály esetén legfeljebb 60 mm; jele: vz 60;
- XV2(H) környezeti osztály esetén legfeljebb 40 mm; jele: vz 40;
- XV3(H) környezeti osztály esetén legfeljebb 20 mm; jele: vz 20.

A vízzáróság fogalmának és vizsgálatának régi és új értelmezését a *7. ábrán* vetjük össze.



7. ábra: A vízzáróság fogalmának és vizsgálatának régi (MSZ 4715-3:1972) és új (MSZ EN 12390-8:2001) értelmezése.
Megjegyzés: Az „att” a technikai túlnyomás, az „ata” a technikai abszolút nyomás jele.

ÖSSZEFOGLALÁS

A vízzáróság-vizsgálat régi (MSZ 4715-3:1972) és új (MSZ EN 12390-8:2001) módszere közötti legfőbb különbség, hogy szemben a régi eljárással, ma a vízzáróságot általában végig víz alatt tárolt próbatesten (Magyarországon - ha ebben előzetesen írásban megállapodás születik - szabad a vízzárósági próbatestet vegyesen, azaz 7 napos korig víz alatt, utána laborlevegőn tárolni), 75 mm átmérőjű körfelületen 72 ± 2 órán át ható 5 bar (0,5 ± 0,05 MPa) állandó víznyomáson kell vizsgálni; és a beton vízzárósága a tárolási módtól függetlenül akkor megfelelő, ha a vizsgálat eredményeként minden egyes próbatesten a vízbehatolás mélysége XV1(H) környezeti osztály esetén legfeljebb 60 mm; (jele: vz 60), XV2(H) környezeti osztály esetén legfeljebb 40 mm; (jele: vz 40), XV3(H) környezeti osztály esetén legfeljebb 20 mm; (jele: vz 20).

HIVATKOZÁSOK

MSZ 4715:1955	Megszilárdult beton vizsgálata
MSZ 4715-3:1972	Megszilárdult beton vizsgálata. Hidrotechnikai tulajdonságok
MSZ 4719:1958	A betonok fajtái és jelölésük
MSZ 4737-1:2002	Különleges cementek. 1. rész: Szulfátálló cementfajták
MSZ 4798-1:2004	Beton. 1. rész: Műszaki feltételek, teljesítőképesség, készítés és megfelelőség. Az MSZ EN 206-1 és alkalmazási feltételei Magyarországon
MSZ 15033:1964 R	Beton- és vasbeton terminológia
MSZ 18288-2:1984	Építési kőanyagok szemszerkezeti és szennyeződési vizsgálata. Szemmegoszlás vizsgálata ülepítéssel
ME-19-63:1964	Műszaki előírás beton és vasbeton készítésére. Építésügyi Minisztérium. É. M. Építésügyi Dokumentációs Iroda. Budapest, 1964
MÉASZ ME-04.19:1995	Beton és vasbeton készítése. 8. fejezet. Vízzáró betonok. Műszaki előírás
MSZ EN 197-1:2000	Cement. 1. rész: Az általános felhasználású cementek összetétele, követelményei és megfelelőségi feltételei
MSZ EN 206-1:2002	Beton. 1. rész: Műszaki feltételek, teljesítőképesség, készítés és megfelelőség
MSZ EN 934-2:2002	Adalékszerek betonhoz, habarcshoz és injektálóhabarcshoz. 2. rész: Betonadalékszerek. Meghatározások, követelmények, megfelelőség, jelölés és címkézés
MSZ EN 12350-7:2000	A friss beton vizsgálata. 7. rész: Légtartalom. Nyomásmódszerek

MSZ EN 12390-8:2001 A megszilárdult beton vizsgálata. 8. rész: A vízzáróság vizsgálata

Dombi József: Vízzáró beton. SZIKKTI 29. sz. tudományos közleménye. ÉTK. Budapest, 1969

Palotás László: Mérnöki szerkezetek anyagtana 1. Általános anyagismeret. Akadémiai Kiadó, Budapest, 1979

Pogány Béla: A nagyszilárdságú beton néhány problémája. Akadémiai Kiadó, Budapest, 1957

Vissza a

Noteszlapok abc-ben Noteszlapok tematikusan

tartalomjegyzékhez